



Tânia Euridice dos Santos Nogueira Dias dos Santos

Licenciada em Engenharia do Ambiente

Análise dos impactes ambientais da exploração de ouro: caso de estudo da mina de Chipindo, Angola

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente, Perfil de Sistemas Ambientais

Orientador: Prof. Doutor João Joanaz de Melo, Professor
Auxiliar com Agregação, Faculdade de Ciências e Tecnologia
da Universidade Nova de Lisboa

Coorientador: Prof. Doutor Carlos Ribeiro, Professor Auxiliar,
Instituto Superior Politécnico da Tundavala

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Paula Antunes

Arguente: Prof. Doutor Tomás Ramos

Vogal: Prof. Doutor João Joanaz de Melo



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

[Junho 2018]

Análise dos impactes ambientais da exploração de ouro em Angola

Copyright © Tânia Euridice dos Santos Nogueira Dias dos Santos, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

*Governantes pensam em fazer mudanças no ambiente, mas esquecem de preservá-lo, daqui a pouco
não existirá mais nem ambiente para transformar!*

Brenda Dias

Agradecimentos

Mais um capítulo da minha vida está a terminar com a realização desta dissertação, e para tal foi fundamental a minha fé em Deus e o apoio e colaboração de várias pessoas e instituições que me agrada aqui citar.

Aos meus filhos Ruth, Aline e Gabriel obrigada pela compreensão e por aceitarem ficar distante da mãe tanto tempo. Ao meu esposo Abdel, serei sempre grata pela paciência.

À dona Judite, mama tu és e sempre serás um grande exemplo para mim. Ao meu pai e irmãos pilares da minha vida, obrigado pelo vosso amor incondicional, serei eternamente grata pela confiança e a força motivadora de sempre.

Ao casal Nogueira, serei eternamente grata pelo esforço e dedicação que vocês tiveram comigo. Deus vos abençoe. A minha prima e amiga Natacha, muito obrigada pelo apoio e dedicação nesses últimos dois anos.

Ao Professor Doutor João Joanaz de Melo, meu orientador, devo reconhecer e agradecer o apoio e os ensinamentos constantes ao longo desta dissertação. As suas reflexões contribuíram para uma mais correcta abordagem.

Ao Professor Doutor Carlos Ribeiro, coordenador do curso de Engenharia do Ambiente no Instituto Superior Politécnico Tundavala (ISPT), em Angola e coorientador desta dissertação, pela forma amigável com que me acompanhou neste trabalho.

O meu agradecimento à empresa pública Ferrangol EP (Angola), na pessoa do seu Presidente do Conselho Administrativo (PCA) Engenheiro Diamantino de Azevedo, pelo acolhimento prestado na minha breve passagem pela empresa que permitiu participar da equipa que acompanhou o EIA do projecto de Chipindo. Ao Engenheiro João Chimuco, director de operação e exploração da Ferrangol e coordenador do projecto de Chipindo agradeço a disponibilidade no esclarecimento de dúvidas sobre o sector mineiro.

O meu reconhecimento pelo apoio a Direcção Nacional de Prevenção e Avaliação de Impactes Ambientais (DNPAIA) do Ministério do Ambiente de Angola, nas pessoas da Doutora Sandra Nascimento, Diretora Nacional e o Engenheiro Yuri Santos pelo fornecimento de informações e dados sobre o processo de avaliação de impacto ambiental em Angola.

Expresso a minha gratidão ao Engenheiro Domingos Sousa, ex. funcionário dos Caminhos de Ferro de Moçâmedes (CFM), pela entrevista que me concedeu sobre CFM no período colonial.

Ao sr. Sobral Katrapila, funcionário dos serviços provinciais do Instituto Nacional de Estatística, o meu agradecimento por disponibilizar o relatório final da projecção da população da província da Huíla para o período 2015 – 2050, quando o mesmo ainda não se encontrava disponível *online*.

Não posso deixar de agradecer ao Professor Doutor António Carmona Rodrigues. Professor auxiliar no Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da FCT-UNL, pelos esclarecimentos e fornecimento de literatura que enriqueceu o meu trabalho.

Resumo

A recente implementação de projectos auríferos em Angola traz consigo problemas ambientais conhecidos, nomeadamente, a gestão dos resíduos sólidos e efluentes do processo de extracção mineira. A falta de planeamento provoca poluição de solos, águas superficiais que em alguns casos podem atingir e deteriorar os lençóis freáticos através da produção de drenagem ácida de mina. Outros impactes associados ao sector mineiro estão relacionados com a modificação da paisagem, fragmentação e degradação de *habitats*.

O objectivo central deste trabalho foi analisar os impactes ambientais e os procedimentos de gestão prevista para exploração aurífera na mina de Chipindo, Angola. Espera-se que este estudo de caso contribua para a previsão de soluções mais sustentáveis na exploração mineira de Angola.

As alternativas assumidas pelo projecto são determinantes para a significância dos impactes resultantes. Os aspectos relacionados com o aprovisionamento de recursos hídricos e resíduos gerados são os que levantam maior preocupação no âmbito deste projecto. As recomendações mais importantes que resultam da análise realizada são as seguintes: planeamento mais elaborado da captação de água; implementação da recirculação de água da barragem de rejeitados com o duplo objectivo de reduzir o consumo de água e as descargas poluentes; gestão cuidadosa dos resíduos e escombreiras, com vista a recuperação paisagística. Recomenda-se ainda uma revisão dos procedimentos de avaliação de impactes com vista a melhorar a sua eficácia.

Termos chave:

Exploração aurífera, impactes ambientais, gestão ambiental.

Abstract

The recent implementation of gold projects in Angola brings with it environmental problems, namely the management of solid waste and effluents from the mining process. Lack of planning causes pollution of soils, surface waters that in some cases can reach and deteriorate groundwater through the production of acid mine drainage. Other impacts associated with the mining sector are related to the modification of the landscape, fragmentation and degradation of habitats.

The main objective of this work was to analyze the environmental impacts and management procedures for gold exploration at the Chipindo mine in Angola. It is hoped that this case study will contribute to the forecast of more sustainable solutions in the mining of Angola.

The alternatives assumed by the project are decisive for the significance of the resulting impacts. The aspects related to the provision of water resources and waste generated are the ones that raise major concern in the scope of this project. The most important recommendations resulting from the analysis are: more elaborate water abstraction planning; implementation of water reuse of the reject dam with the dual objective of reducing water consumption and pollutant discharges; careful management of waste and heaps for landscape recovery. It is also recommended that the impact assessment procedures be revised to improve their effectiveness.

Keywords:

Gold exploration, environmental impacts, environmental management.

ÍNDICE DE MATÉRIAS

1	Introdução.....	21
1.1	Enquadramento	21
1.2	Objectivo e âmbito.....	22
1.3	Estrutura da dissertação.....	23
2	Revisão de literatura.....	24
2.1	Actividade mineira e o ambiente: conceitos gerais	24
2.1.1	Exploração aurífera	29
2.2	Principais impactes ambientais decorrentes da exploração aurífera a céu aberto.....	30
2.3	Principais fontes de impactes em exploração auríferas.....	34
2.3.1	Escombreiras.....	34
2.3.2	Barragem de rejeitados	35
2.4	O sector mineiro em Angola	39
2.4.1	Principais actividades	39
2.4.2	Enquadramento legal	41
2.5	Paradigma da mineração sustentável	42
3	Metodologia	44
3.1	Metodologia geral	44
3.2	Caracterização do caso de estudo.....	45
3.3	Tratamento de dados e resultados.....	45
3.4	Recomendações.....	45
4	Caso de estudo – exploração aurífera da mina de Chipindo	46
4.1	Apresentação da empresa	46
4.2	Caracterização do município do Chipindo.....	46
4.3	Processo de exploração	50
4.4	Avaliação de impactes ambientais	55
5	Resultados e Discussão	60
5.1	Fluxos de materiais	60
5.2	Recursos hídricos.....	62
5.3	Impactes no território.....	65
5.4	Resíduos.....	66
5.4.1	Escombreiras.....	66
5.4.2	Barragem de rejeitados	70
5.4.3	Drenagem da mina	71
5.5	Encerramento da mina	72
6	Recomendações.....	73
6.1	Procedimentos gerais.....	73
6.2	Mina de Chipindo.....	74
6.2.1	Medidas técnicas	74
6.2.2	Medidas de gestão	74
7	Conclusão.....	76

7.1	Síntese.....	76
7.2	Recomendações.....	77
7.3	Desenvolvimentos futuros	78
	Referências bibliográficas	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Modelo de funcionamento do sector mineiro.....	24
Figura 2.2 - Fotografias de minas a céu aberto	26
Figura 2.3 - Método de lavra a céu aberto com bancadas e desmonte por explosivos e mecânico	27
Figura 2.4 - Fluxograma convencional do processamento de minério de ouro	30
Figura 2.5 - Tipos de escombrelras segundo a sequência de construção	34
Figura 2.6 - Métodos de construção de barragem de rejeitados	37
Figura 2.7 - Interação entre componentes da análise ambiental	43
Figura 3.1 - Esquematização da metodologia geral adoptada.....	44
Figura 4.1 - Mapa de localização da área de estudo	46
Figura 4.2 - Fotografia aérea da área de estudo.....	47
Figura 4.3 - Versão simplificada da carta de solos de Angola	48
Figura 4.4 - Fisionomia dos solos na zona da Chiriva, Chipindo	48
Figura 4.5 - Mapa geológico regional da concessão mineira do Chipindo	49
Figura 4.6 - Aspecto da vegetação e um dos troços do rio Tchissõe	50
Figura 4.7 - Modelos de equipamentos de mineração.	52
Figura 4.8 - Diagrama de utilização da água, drenagem e efluentes na jazida da Mineira	53
Figura 5.1 - Fluxograma geral do processo produtivo da mina de Chipindo nos dois estágios previstos	60
Figura 5.2 - Fluxograma dos principais inputs e outputs segundo dados de projecto.....	61
Figura 5.3 - Demonstração da variação da precipitação ao longo da série de anos	64
Figura 5.4 - Esquematização dos pressupostos admitidos mediante processo produtivo	68

INDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Principais fases do processo mineiro	25
Tabela 2.2 - Actividades passíveis de gerar impactes na indústria mineira	31
Tabela 2.3 - Síntese dos principais impactes ambientais negativos gerados pela actividade aurífera a céu aberto.....	32
Tabela 2.4 - Classificação dos resíduos da indústria extrativa em Portugal	33
Tabela 2.5 - Descrição das principais causas de colapso das barragens de rejeitados	38
Tabela 2.6 - Sinopse comparativa da titularidade dos recursos minerais	41
Tabela 4.1 - Estimativa de reservas de minério de ouro.....	51
Tabela 4.2 - Síntese de impactes da fase de implantação avaliados pelo EIA	56
Tabela 4.3 - Síntese de impactes da fase de operação avaliados pelo EIA.....	57
Tabela 4.4 - Síntese de impactes da fase de desactivação avaliados pelo EIA.....	58
Tabela 5.1 - Estimativa das necessidades hídricas para o empreendimento da Mineira.....	63
Tabela 5.2 - Estimativa da disponibilidade do rio Tchissõe	64
Tabela 5.3 - Cálculo da capacidade da albufeira do projecto	65
Tabela 5.4 - Estimativa de resíduos gerados na mina.....	66
Tabela 5.5 - Estimativa da área ocupada pelas escombreiras	69
Tabela 5.6 – Cálculo do volume e concentração da lama	70
Tabela 6.1 - Recomendações gerais para o sector mineiro em Angola	73
Tabela 6.2 - Recomendações técnicas para o projecto mineiro de Chipindo.....	74
Tabela 6.3 - Medidas de gestão ambiental para o projecto mineiro de Chipindo.....	75

Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos

AIA – Avaliação de Impacte Ambiental
ASCORP – *Angola Selling Corporation*
Au – Ouro
CA – Comissão de Avaliação
CFM – Caminho de Ferro de Moçâmedes
CML – Companhia Mineira do Lobito
DAM – Drenagens Ácidas de Mina
DMN – Drenagem Mineira Neutra
DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral
DP – Desvio Padrão
EIA – Estudo de Impacte Ambiental
ENDIAMA – Empresa Nacional de Diamantes de Angola
ETA – Estação de Tratamento de Água
ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais
EUA – Estados Unidos de América
GPL – Gás de Petróleo Liquefeito
h – Hora
ha - Hectare
IAIA – *International Association for Impact Assessment*
IGM - Instituto Geológico Mineiro
kg – Quilograma
km² – Quilómetro quadrado
kVA – Quilovolt-ampère
L - Litro
LER – Lista Europeia de Resíduos
m. – Mês
m – Metro
m² – Metro quadrado
m³ – Metro cúbico
mg – Miligrama
mm – Milímetro
MTD – Melhores Técnicas Disponíveis

OMS – Organização Mundial de Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

PCA – Presidente do Conselho Administrativo

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

pH – Potencial de Hidrogénio

PLANAGEO – Plano Nacional de Geologia de Angola

s - Segundos

SGA – Sistema de Gestão Ambiental

SODIAM – Sociedade de Comercialização de Diamantes de Angola SARL

SOMIL – Sociedade Mineira do Lombige

SONANGOL – Sociedade Nacional de Combustíveis de Angola

SST – Sólidos Suspensos Totais

t – Tonelada

TDR – Termos de Referência

UE – União Europeia

UNDESA – Departamento das Nações Unidas para Economia e Assuntos Sociais

UNEP – *United Nations Environment Programme*

1 Introdução

1.1 Enquadramento

A mineração é um dos segmentos da economia de vários países (e.g., África do Sul, Brasil, China, EUA,) e contribui para o desenvolvimento de vários sectores indústrias. Apesar da importância dessa contribuição, a exploração mineira induz uma série de impactes ambientais que afectam a vida das comunidades. Consequentemente, esses impactes fazem com que a actividade mineira seja menos aceite dentro do conceito de desenvolvimento sustentável.

A tomada de consciencialização ambiental face a essas preocupações, resultado em grande parte, de muitos desastres ambientais envolvendo o sector minério nas últimas décadas, tem estimulado os governos, as empresas exploradoras e outras entidades envolvidas, a desenvolver estratégias e técnicas de exploração mais limpas, com enquadramento legal e institucional, assente nos principais marcos das políticas ambientais internacionais.

Não obstante a essa tomada de consciência, os problemas ambientais provocados pela actividade mineira dependem de vários factores (Martins, 2013):

- Do tipo de minério extraído;
- Da tecnologia empregue;
- Do período da exploração;
- Das exigências legais do país;
- Da envolvente onde se inserem.

A poluição dos solos e dos recursos hídricos são geralmente os principais impactes da actividade mineira, como consequência da produção e deposição de resíduos durante a operação; falta de planeamento para o encerramento da mina e em muitos casos, o abandono de mina (Brundtland, 1987).

Os impactes ambientais na indústria mineira são inquestionáveis, pese embora, existam mecanismos disponíveis que minimizem esses impactes. Um dos mecanismos que surgiu no contexto descrito anteriormente, foram as avaliações ambientais de actividades com benefícios socioeconómicos. As mesmas visam a identificação atempada de prováveis impactes negativos de uma actividade sobre a qualidade ambiental e social a fim de evitar, minimizar ou compensar estes impactes e então analisar a viabilidade da sua realização. Devendo para o efeito dispor de instrumentos de protecção e recuperação ambiental, participação e integração social.

Esta avaliação, tem permitido o desenvolvimento de técnicas mais limpas e a elaboração de um quadro normativo específico. Instrumentos como a análise de risco ambiental, os estudos de impacte ambiental (EIA), os planos de monitorização e os guias de boas práticas passaram a ser obrigatórios em todo mundo e visam garantir que as consequências de uma actividade no ambiente sejam devidamente consideradas no processo de decisão final.

Em Angola, a exploração mineira existe desde o período colonial, com destaque para exploração de petróleo, diamante, ferro e em menor proporção o ouro (Au) e material inerte. Após a independência, extinguiram-se algumas explorações, como ferro e ouro. Actualmente, a indústria mineira nacional restringe-se a exploração do petróleo e diamantes, sendo que o petróleo é a principal fonte de receitas para o país. No entanto, as oscilações do mercado internacional, têm pressionado o governo angolano a diversificar as suas fontes de receita, apostando cada vez mais na promoção de subsectores minero.

Com base em alguns dados preliminares do Plano Nacional de Geologia de Angola (PLANAGEO), que apontam a existência de vários minérios para exploração em escala industrial *e.g.*, ouro, ferro, cobre, titânio, manganês, pirocloro, uraninite fosfatos, alguns projectos começam já a ser desenvolvidos. É o caso do projecto de exploração de ouro do Chipindo, prestes a operar.

Com o (re)surgimento deste subsector prevê-se o alavancar da economia angolana, porém, junto a esse desenvolvimento avizinham-se problemas ambientais, associados a paradigmas já conhecidos. Logo, é imperativo que se estabeleça simultaneamente mecanismos, normas e procedimentos ambientais que vão relacionar factores como às técnicas de exploração e a integração de aspectos ambientais com intuito de orientar e conduzir melhor a gestão eficaz destes projectos.

Embora a consciência ambiental em Angola seja inegável, é fundamental que, enquanto se promove o desenvolvimento deste sector, surge o interesse de se estudar as interferências que o subsector aurífero pode trazer para o ambiente em Angola.

1.2 Objectivo e âmbito

Esta dissertação tem como objectivo central:

- É analisar os impactes ambientais e os procedimentos de gestão prevista para exploração aurífera na mina de Chipindo, Angola. Espera-se que este estudo de caso contribua para a previsão de soluções mais sustentáveis na exploração mineira de Angola.

Para alcançar o objectivo preconizado desenvolveram-se as seguintes tarefas:

- Identificação de todos projectos de exploração aurífera licenciados em Angola (que entrarão em funcionamento brevemente);
- Selecção de um caso de estudo (a mina de Chipindo), em parceria com a empresa Ferrangol, EP;
- Caracterização deste tipo de actividade mineira: faseamento, técnicas empregues, alternativas e medidas existentes internacionalmente, fontes e impactes da actividade;
- Análise do EIA do projecto aurífero do Chipindo e documentos complementares;
- Análise dos impactes descritos pelo EIA vs. os impactes descritos pela literatura vs. as melhores práticas utilizadas internacionalmente;
- Desenvolvimento de recomendações para o projecto aurífero de Chipindo e empreendimentos similares.

1.3 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está estruturada em seis capítulos. O primeiro capítulo debruça-se sobre os princípios introdutórios da temática e os objectivos deste estudo.

A fundamentação teórica proveniente da revisão da literatura é apresentada no segundo capítulo, e visa a elucidar sobre os principais conceitos da exploração mineira, os principais impactes ambientais decorrentes do sector aurífero a céu aberto, a mineração segundo o conceito de desenvolvimento sustentável e a caracterização do sector mineiro em Angola.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia que permitiu elaborar a análise dos procedimentos ambientais estruturados para a gestão ambiental do empreendimento, baseados nos dados qualitativos do EIA - frequência, duração, extensão, reversibilidade, origem, sentido e grau que os impactes se manifestam sobre o ambiente.

No quarto capítulo é apresentado o caso de estudo - exploração a céu aberto de minério aurífero aluvionar - no município de Chipindo, província da Huíla, Angola. Serão descritos os principais impactes avaliados no âmbito do EIA, decorrentes das fases e técnicas empregues no projecto.

O quinto capítulo incide sobre a análise comparativa dos principais aspectos ambientais do projecto em relação ao que está previsto na literatura internacionalmente aceite. Após perceber quais as fontes que geram impactes no projecto, foi necessário avaliar os procedimentos técnicos e ambientais adoptados e determinar a influência deste projecto no ambiente local, com vista a estabelecer medidas para o uso sustentável da utilização de recursos, gestão dos resíduos e água.

O sexto e último capítulo apresenta as conclusões deste estudo. São apresentadas as recomendações para o projecto do Chipindo e propostos estudos futuros para este projecto.

2 Revisão de literatura

2.1 Actividade mineira e o ambiente: conceitos gerais

A mineração é entendida como uma actividade que abrange desde a pesquisa, lavra, tratamento até a industrialização de bens minerais, podendo ser classificada em três grupos principais: a mineração dita industrial ou de grande porte; a mineração de uso social ou de menor porte, como pedreiras e, por fim, os garimpos, actividades extractivas informais, manuais ou mecanizadas e, frequentemente, clandestinas.

Este sector, tende a subdividir-se de acordo com o material a explorar: minerais energéticos (ex.: petróleo, carvão, turfa); minerais metálicos e nobres (ex.: ferro, chumbo, cobre, alumínio, ouro, prata, platina); minerais empregues na construção (ex.: brita, areia, rochas ornamentais); e minerais industriais (ex.: carbonatos, caulim, talco).

A diversidade e o dinamismo são duas das características do sector mineiro. Em geral, os projectos em mineração são mais lentos quando comparado com projectos de obras civis, devido principalmente as várias etapas que o caracterizam. Podem decorrer vários anos entre a descoberta da ocorrência até o início da operação. Na Figura 2.1 é possível ver, um modelo de funcionamento do processo mineiro, onde se observa o carácter das suas actividades.

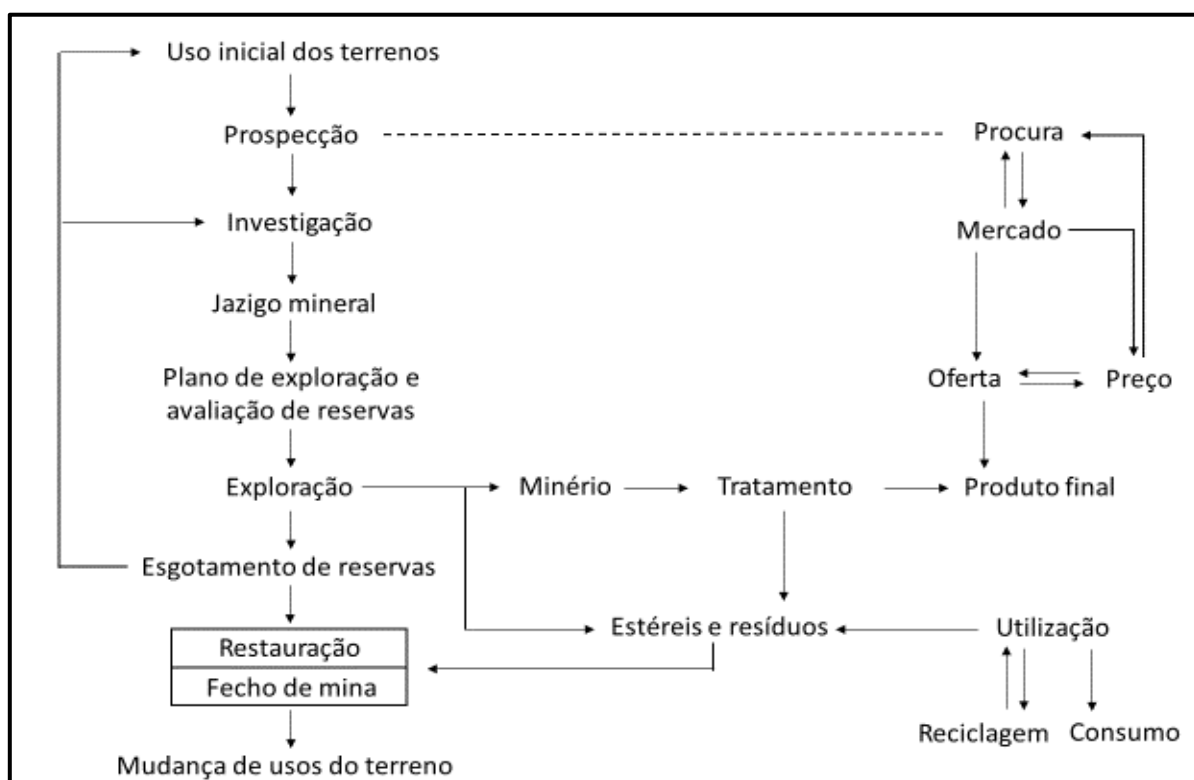


Figura 2.1 - Modelo de funcionamento do sector mineiro
Adaptado de: (Torres & da. Gama, 2005)

Para entender como a indústria mineira afecta o ambiente, é importante compreender os processos básicos envolvidos na exploração e no processamento de minerais e em que fases podem ocorrer impactes ambientais. A Tabela 2.1 apresenta as fases desenvolvidas num processo mineiro.

Tabela 2.1 - Principais fases do processo mineiro

ETAPAS	DESCRIÇÃO
Prospecção e pesquisa	A prospecção é a fase inicial do empreendimento mineiro. Reúne todos os trabalhos necessários à descoberta e definição de um depósito minero, ou seja, é a etapa que define uma ocorrência mineral. A pesquisa mineral define se a ocorrência mineral vai se tornar uma jazida ou não.
Desenvolvimento (processo produtivo)	Compreende vários trabalhos desde a preparação da jazida para a lavra, instalação de infraestruturas e processamento do minério. É a fase com mais implicações ambientais do sector, portanto, exerce um impacto significativo sobre o ambiente, pelo que se reveste de particular interesse, do ponto de vista de protecção ambiental.
Desactivação	Prevê a paralisação, suspensão temporária ou a renúncia em qualquer fase da operação da mina, obedecendo as exigências estabelecidas internacionalmente. Esta fase carece de um planeamento adequado logo no início das operações - plano de desativação.

Fonte: (Ferreira, 2013)

Do ponto de vista de execução, o processo produtivo divide-se em duas fases:

- ✓ **Lavra:** integra operações coordenadas do processo produtivo com objectivo de aproveitamento industrial da jazida, desde a extracção dos minerais até o processamento das mesmas. Esta pode ser de quatro tipos: a céu aberto ou mineração de superfície, subterrânea, a partir de perfurações e hidráulica.
- ✓ **Processamento ou beneficiamento mineiro:** consiste no conjunto de transformações das características originais do minério que permitirão o seu maior aproveitamento. Estas transformações, de carácter físico e/ou químico possibilitam a remoção dos constituintes indesejáveis ao processo e consequente aumento da concentração do minério. Os processos de beneficiamento geralmente são três: cominuição, concentração e flotação.

A desativação de um projecto mineiro carece sempre de um plano de desactivação. Estes planos, devem focar principalmente os aspectos ambientais referentes a própria desactivação, ou seja, baseados na integração do uso futuro do solo, na recuperação paisagística do local, nos factores sociais e com atenuação dos passivos ambientais.

Para Teixeira Paiva (2006), quanto mais cedo for preparado o plano de desactivação de uma mina, mais tempo se tem para conhecer todos os parâmetros necessários ao emprego de um programa de desactivação de qualidade. Na verdade, quanto mais cedo tiverem início os trabalhos que visam a reintegrar o meio o mais próximo possível das suas condições originais, mais chances existirão de tornar isto possível. Qualquer planeamento será de tão melhor qualidade quanto melhor a qualidade

das informações e do conhecimento que se tenha acerca dos parâmetros necessários ao estabelecimento de qualquer programa. Evitando sempre o abandono da mina.

É notório que à medida que se passa de uma fase para outra na actividade mineira, a gravidade dos impactes ambientais aumenta. Na fase de prospecção e pesquisa são muito pouco significativos os impactes, enquanto que na exploração intensificam-se. Muitas vezes pelo método de lavra adoptado e do mineral a ser explorado.

Em mineração é comum falar em exploração a céu aberto e subterrânea, tornando-as, em métodos de lavra frequentes e podemos perceber porquê. A exploração a céu aberto, objectivo parcial de análise desta dissertação, consiste na extracção de recursos minerais ou energéticos por operações desenvolvidas na superfície sem provisão de operações subterrâneas. Embora ocasionalmente possa haver uma abertura para o subsolo, esse tipo de mineração é essencialmente baseado na superfície. Os factores mais importantes que determinam a execução da exploração a céu aberto são económicos e técnicos (National Research Council., 2002).

A exploração a céu aberto é caracterizada por uma maior facilidade na extracção e exploração dos minerais, maior acção dos agentes erosivos, maior impacte na área explorada e utiliza-se para a exploração de quase todos os tipos de minerais. As tecnologias de lavra a céu aberto podem ser classificadas de acordo com o uso de métodos mecânicos ou hidráulicos. Nos métodos mecânicos pode-se ter a lavra por bancadas com desmonte por explosivos ou desmonte mecânico, lavra por tiras, lavra de rochas ornamentais e por métodos auxiliares. Os métodos hidráulicos utilizados em sua maioria é a lavra por dragagem (National Research Council., 2002). Na aparência, uma exploração a céu aberto assemelha-se muitas vezes a um funil, Figura 2.2.

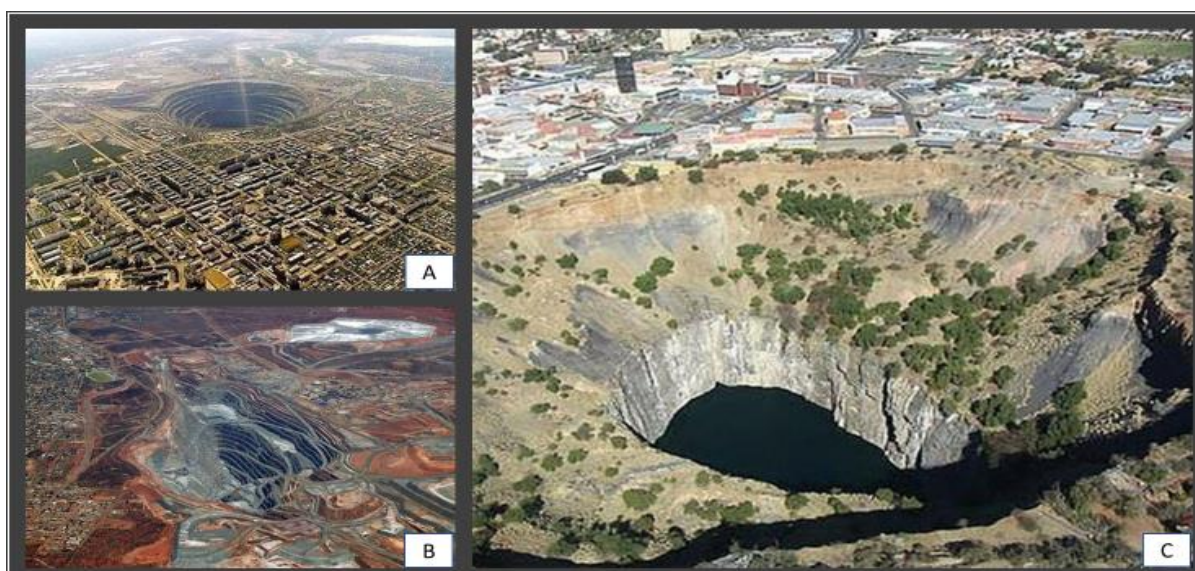
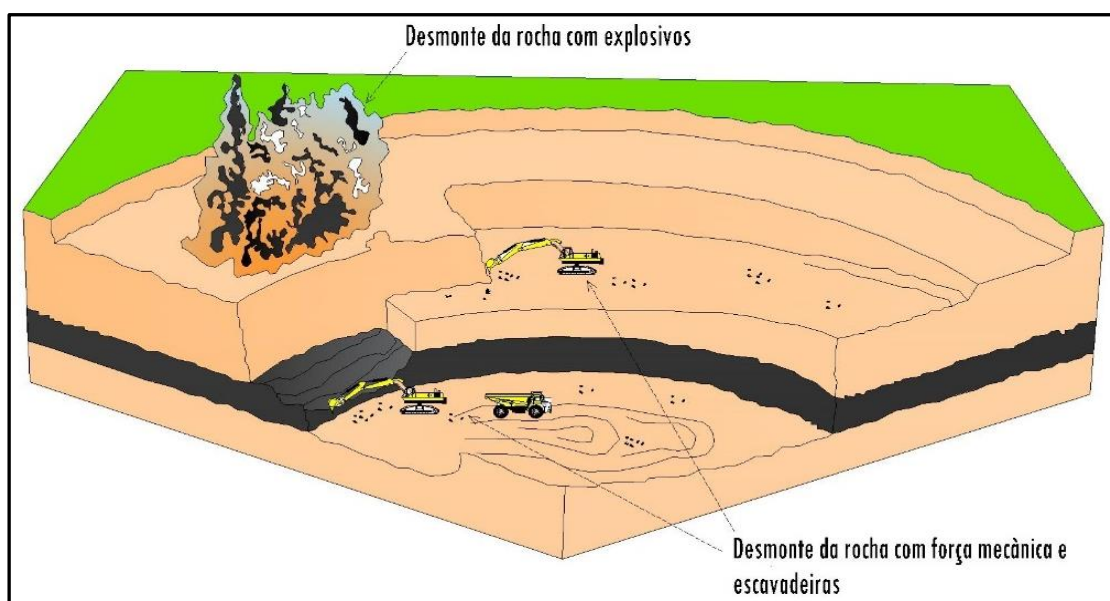


Figura 2.2 - Fotografias de minas a céu aberto
A – Mirny diamond, Rússia; **B** – Mina de ouro Kalgoorlie Super Pit, Austrália, **C** – Mina de diamantes Big Hole em Kimberley, África do Sul
Adaptado de (Expresso, 2011)

De ressaltar que os métodos a seguir descritos, não se restringem aos mesmos. Assim sendo, cada projecto deve sempre escolher e adaptar as melhores práticas e técnicas para cada situação específica, tendo em conta um plano que contempla a realidade local, a literatura e o capital humano especializado.

a) Lavra a céu aberto com bancadas e desmonte por explosivos e/ou mecânico

A lavra por bancadas é um tipo de lavra que pode ser tanto em encosta quanto em cava. É normalmente aplicada quando a jazida tem dimensões verticais e horizontais grandes, obrigando a retirada do minério em bancadas, bancos ou degraus com auxílio de explosivos e/ou força mecânica, Figura 2.3. Apresenta grande vantagem económica, pois a drenagem é natural por gravidade (no caso de lavra em encosta), o transporte é geralmente descendente e os volumes de solo removido são pequenos, embora isso não ocorra sempre (Yamatomi & Okubo, 2009).



*Figura 2.3 - Método de lavra a céu aberto com bancadas e desmonte por explosivos e mecânico
Adaptado de: (Siberian Coal Energy Company -SUEK, 2014)*

A diferença entre esses dois métodos está unicamente na forma do desmonte da rocha. Logo, a sequência clássica das operações unitárias é basicamente: a) desmatamento: supressão do coberto vegetal conforme o avanço da lavra; b) decapagem do solo: retirada de material estéril do solo, argila ou rocha alterada; c) desmonte de rocha: perfuração, (desagregação da rocha realizada com força mecânica e de escavadeiras, tratores ou pás-carregadoras), detonação (desagregação da rocha com explosivos); d) carregamento e transporte da rocha em caminhões ou equivalentes até a estação de tratamento e ainda o transporte de material estéril até o depósito de estéril. Os principais equipamentos utilizados nestas operações são: tratores, escavadeiras, pás-carregadoras, martelos, caminhões, explosivos e acessórios (Ferreira, 2013).

b) Lavra a céu aberto por tiras

A lavra a céu aberto por tiras é utilizada principalmente em jazidas com predominância de camadas horizontais, com espessuras de minério menores em relação às grandes dimensões laterais. É semelhante à lavra por bancadas, com a diferença de que o material decapado do solo não é

transportado para as pilhas de estéril, mas depositado directamente nas áreas adjacentes já lavradas. Considerado um método de alta produtividade e de custo mais baixo devido ao facto de o material escavado voltar a ser depositado nas áreas já exploradas por um período de espera curto, possibilitando o trabalho com um ângulo maior do que o na lavra por bancadas. A lavra por tiras pode ser aplicada tanto para rochas coesas, que necessitam de desmonte de rocha por explosivo, quanto para rochas friáveis ou brandas, que podem ser escavadas directamente (Curi, 2017) (Yamatomi & Okubo, 2009).

Quanto a extracção, esta técnica é classificada como mineração de área ou mineração de contorno dependendo da geometria e tipo de depósito. O ciclo de operações para ambas as técnicas consistem no desmate, decapagem do solo, desmonte de rocha (por perfuração e explosão de sobrecargas), carregamento e transporte. Os equipamentos e insumos utilizados são: tratores, escavadeiras, pás carregadeiras, perfuratrizes pneumáticas ou martelos manuais, caminhões; explosivos e acessórios (Ferreira, 2013).

c) Lavra a céu aberto por via húmida

A extracção de minas a céu aberto pode ser feita por via húmida, (uso de água ou de um líquido solvente para recuperar minerais). A extracção por via húmida é essencialmente realizada de duas maneiras, cada uma contendo dois métodos respetivamente (Curi, 2017):

- A lavra de pláceres, dirigida para a recuperação de metais pesados oriundos principalmente de depósitos de aluvião. Os métodos utilizados são a lavra hidráulica e a dragagem.
- A lavra por dissolução, aplicada para a extracção de minerais solúveis ou fundidos, ou que podem ser transformados em polpa, usando-se água ou um solvente líquido. Os métodos utilizados são a lavra química e a extracção por poços.

A lavra de pláceres quer seja, hidráulica quer seja, por dragagem são técnicas muito semelhantes. E as operações são totalmente dependentes do fornecimento permanente de água. A lavra hidráulica é adequada sobretudo para a recuperação de minérios presentes em depósitos de pláceres. Entre os minérios e metais ocorrentes em pláceres incluem-se o ouro, diamante e platina que são frequentemente encontrados com depósitos de areias, argilas e cascalhos (Ferreira, 2013).

São apontadas algumas vantagens para este método, nomeadamente: produtividade alta, baixo custo e o ciclo de produção é muito simples, a operação de desmonte é mínima, tratamento do minério por concentração e densidade, via húmida, pouco intensivo em mão-de-obra e possibilita a lavra de depósitos submersos. No entanto, é um método com necessidades excessivas de água, limitado a depósitos não consolidados, alto investimento de capital em grandes dragas, método não flexível e não selectivo que representa para o ambiente um enorme risco (Curi, 2017).

Quanto a exploração subterrânea, como o próprio nome refere, os minerais são extraídos a grandes profundidades e depois transportados à superfície por meio de poços e galerias para posterior

tratamento. Este método não será aqui analisado por não fazer parte do objectivo desta dissertação. No entanto, uma breve análise destes dois métodos permite desde já mencionar que a mineração a céu aberto é o método mais comum para operações em larga escala, enquanto a mineração subterrânea é, em geral, a mais eficaz para operações em pequena escala.

2.1.1 Exploração aurífera

Segundo (Norgate & Haque, 2012) a produção de ouro provém principalmente de depósitos de minério de rocha dura, extraídos maioritariamente a céu aberto. Este minério forma-se essencialmente em:

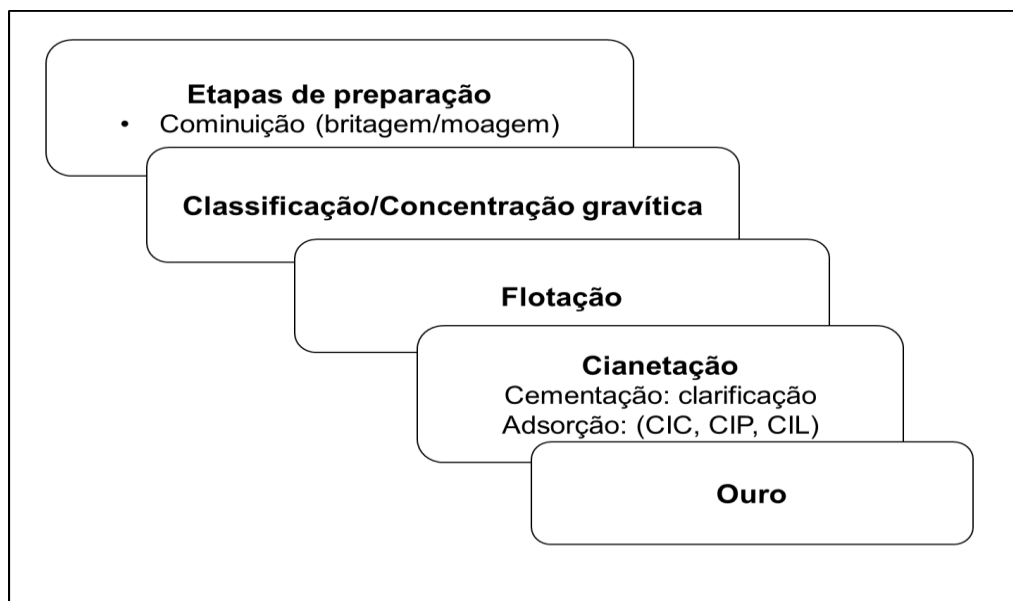
- ✓ Depósitos *Lode* (veia ou filão), são depósitos onde o ouro é encontrado embutido em rachaduras e veias nas rochas. O ouro encontrado num filão tem, normalmente, à volta sulfureto e telureto.
- ✓ Depósitos de *Placer* (ou aluvião), formados pela movimentação de água que corroeu o ouro dos depósitos de lodo, e depositou-se em areia, fendas e canais. Sendo que o cobre e o ferro são comumente, encontrados, como impurezas em minérios de ouro.

A ciência apresenta diversas tecnologias para exploração de ouro, desde métodos mais simples, que envolvem apenas processos físicos, aos métodos mais complexos, envolvendo agentes químicos, para a refinação e recuperação dos minérios de ouro. Quando assim acontece, esses métodos tendem a maximizar os impactes desta actividade. A forma como o ouro é encontrado na natureza - não refratários ou refratários – justifica normalmente, a selecção desta tecnologia.

De acordo com (Güiza & Aristizábal, 2013) as indústrias de ouro modernas e mecanizadas usam cianeto quase que exclusivamente, uma vez que graves problemas de saúde e ambientais eliminaram a amalgamação com mercúrio líquido – a Venezuela proibiu completamente o uso de mercúrio na actividade de mineração. No entanto, estudos actuais comprovam limitações ou dificuldades tecnológicas do processo de cianetação, as quais podem inviabilizar a sua aplicação económica. Assim sendo, podemos estar prestes a conhecer outros reagentes alternativos.

Em linhas gerais, as rotas de processamento podem se restringir a uma mera adequação granulométrica do minério às etapas hidrometalúrgicas subsequentes ou envolver, além da preparação, estágios de concentração. As etapas de preparação estão presentes tanto em circuitos em que ocorre concentração prévia dos minérios quanto naqueles em que o minério é submetido diretamente à extração hidrometalúrgica (Trindade & Barbosa Filho, 2002).

Quando o ouro está associado a sulfetos, o processamento usual inclui a cominuição do minério e subsequente disponibilização, seguida de uma etapa de flotação antes da cianetação (ver Figura 2.4). Com os minérios de natureza refratária, é comum o emprego de ustulação ou lixiviação à pressão ou bacteriana previamente à cianetação (Lins, 2000 citado por B. E. Trindade & Barbosa Filho, 2002).



*Figura 2.4 - Fluxograma convencional do processamento de minério de ouro
Adaptado de: (Trindade & Barbosa Filho, 2002)*

2.2 Principais impactes ambientais decorrentes da exploração aurífera a céu aberto

A estreita relação entre a actividade mineira e problemas ambientais tem sido o grande desafio para esta indústria. Nem sempre os benefícios económicos gerados por empreendimentos minérios justificam as alterações significativas que estas impõem a alguns compartimentos ambientais. Dentre vários impactes característico desta actividade, destacam-se a contaminação de corpos hídricos superficiais e subterrâneos pelas denominadas drenagens ácidas de mina (DAM) provenientes da oxidação de resíduos na presença de água, a alteração da paisagem, a poluição do ar e os passivos ambientais em minas não activas (Valencia et al., 2009); (Martins, 2013).

As minas abandonadas, representam para o mundo uma grande preocupação. Nos EUA, segundo dados do portal AbandonedMines (2016) estimam-se em torno de 500 000 minas abandonadas. Em Portugal, a exemplo de outros países de UE, a preocupação com essas estruturas prevalece. Até a data da elaboração desta dissertação estavam inventariadas 199 minas abandonas (Empresa de Desenvolvimento Mineiro S.A., 2017).

No contexto angolano alguns factores contribuem para a falta de dados do abandono de minas: a pouca expressão do sector e o recente surgimento da exploração de alguns minérios determinam outras prioridades nomeadamente, a preocupação com o garimpo e outras práticas mineiras ilegais de exploração, que tendem a surgir no país, todavia não serão aqui analisados.

Não obstante ao paradigma de minas abandonadas, urge a necessidade de se conhecer e determinar, ao longo de todo o empreendimento os eventuais impactes que este sector pode induzir ao ambiente. A Tabela 2.2 apresenta de forma geral, as etapas da actividade mineira passíveis de gerar impactes. Partindo do princípio, que o sector mineiro é bastante diversificado, tanto na forma com que os recursos

se apresentam na natureza, quanto pelas técnicas de extracção, apresenta-se na Tabela 2.3 os impactes ambientais comuns da mineração de ouro.

Tabela 2.2 - Actividades passíveis de gerar impactes na indústria mineira

ETAPAS	ACTIVIDADES	
Pesquisa e Prospeção	<ul style="list-style-type: none"> • Levantamentos topográficos • Abertura de acessos • Prospeção geofísica e geoquímica 	<ul style="list-style-type: none"> • Recolha de amostras • Sondagens • Ensaios de beneficiamento
Desenvolvimento	<ul style="list-style-type: none"> • Decapagem do solo/terraplanagem; • Supressão de vegetação; • Abertura de acessos; • Remoção de camadas do solo; • Implantação de rede elétrica; • Construção de obras civis de apoio; • Construção de instalações industriais; 	<ul style="list-style-type: none"> • Montagem de equipamentos; • Contratação de mão-de-obra; • Disposição do estéril removido; • Sondagens.
Lavra	<ul style="list-style-type: none"> • Escavação mecânica; • Desmonte por detonação; • Desmonte hidráulico; 	<ul style="list-style-type: none"> • Carregamento e transporte; • Drenagem; • Disposição do estéril.
Processamento	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção de máquinas e equipamentos; • Operações de britagem e moagem e classificação; • Tratamento minero-metalúrgico; 	<ul style="list-style-type: none"> • Disposição de rejeitos; • Armazenamento de insumos; • Tratamento de efluentes.
Actividades secundárias	<ul style="list-style-type: none"> • Geração e tratamento de efluentes líquidos e sólidos de origem industrial e doméstica; • Carregamento e transporte do minério; 	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção de máquinas e equipamentos de apoio; • Armazenamento e abastecimento de combustíveis.

Fonte: (Paiva, 2006)

Para além dos impactes mencionados, a actividade mineira impõe também casos de conflitos socioambientais envolvendo a mineração e as populações, abrangendo principalmente conflitos territoriais. Porém não serão analisados nesse trabalho.

Tabela 2.3 - Síntese dos principais impactos ambientais negativos gerados pela actividade aurífera a céu aberto

IMPACTES SOBRE DESCRITORES AMBIENTAIS		
Solos	<ul style="list-style-type: none"> • Destruição da camada arável do solo • Diminuição da matéria orgânica; • Alteração das características dos solos • Aumento da exposição aos processos erosivos 	<ul style="list-style-type: none"> • Compactação e impermeabilização dos solos • Destruição da capacidade potencial de uso agrícola • Inversão das camadas de solos • Contaminação do solo por metais pesados e/ou substâncias utilizadas no tratamento do minério maioritariamente mercúrio e cianeto
Águas Superficiais e Subterrâneas	<ul style="list-style-type: none"> • Processos de arrastamento de materiais depositados • Assoreamento de rios e alteração dos processos de escoamento à superfície • Aumento da turbidez dos cursos de água 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminação de águas superficiais e subterrâneas, devido ao derrame accidental de combustíveis e óleos • Contaminação de aquíferos devido à percolação • Alteração do pH e acidificação das águas superficiais • Contaminação de corpos hídricos superficiais e subterrâneos pelas DAM
Qualidade do ar	<ul style="list-style-type: none"> • Acumulação de poeiras • Concentração de matéria particulada 	<ul style="list-style-type: none"> • Afetação da qualidade do ar com emissões de mercúrio;
Ruído	<ul style="list-style-type: none"> • Poluição sonora 	<ul style="list-style-type: none"> • Efeitos vibratórios causados pela detonação de explosivos
Flora, Fauna e Paisagem	<ul style="list-style-type: none"> • Alteração da paisagem • Modificações topográficas devido as escombreyras • Redução da biodiversidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição da capacidade fotossintética dos organismos • Degradação e contaminação dos ecossistemas fluviais, que poderão levar à extinção da vida aquática

Adaptado de: (Burritt & Christ, 2018); (Gonçalves, 2011); (Jain, 2016); (Paiva, 2006); (Urkidi, 2010)

A maioria dos impactos ambientais em mineração são derivados dos diferentes resíduos gerados durante o ciclo produtivo. Assim sendo, a distinção e classificação dos resíduos é de grande importância para que se estabeleça o tratamento e o local mais adequado para a sua deposição e minimizar o impacto para o ambiente e a saúde humana.

Em Portugal, os resíduos encontram-se classificados segundo a Lista Europeia de Resíduos (LER), que os agrupa em resíduos da prospecção e exploração de minas e pedreiras, e conforme os métodos de extração: tratamentos físicos e químicos. Os resíduos aí incluídos são dispostos com um código composto por seis dígitos sendo que os dois primeiros indicam o capítulo e os dois seguintes o subcapítulo em que este se insere conforme Tabela 2.4.

Tabela 2.4 - Classificação dos resíduos da indústria extrativa em Portugal

Códigos LER	Descrição
01	Resíduos da prospecção e exploração de minas e pedreiras, bem como de tratamentos físicos e químicos das matérias extraídas:
01 01	Resíduos da extracção de minérios
01 01 01	Resíduos da extracção de minérios metálicos
01 01 02	Resíduos da extracção de minérios não metálicos
01 03	Resíduos da transformação física e química de minérios metálicos:
01 03 04 (*)	Rejeitados geradores de ácidos, resultantes da transformação de sulfuretos
01 03 05 (*)	Outros rejeitados contendo substâncias perigosas
01 03 06	Rejeitados não abrangidos em 01 03 04 e 01 03 05
01 03 07 (*)	Outros resíduos contendo substâncias perigosas, resultantes da transformação física e química de minérios metálicos
01 03 08	Poeiras e pós não abrangidos em 01 03 07
01 03 09	Lamas vermelhas da produção de alumina não abrangidas em 01 03 10
01 03 99	Outros resíduos não anteriormente especificados
01 04	Resíduos da transformação física e química de minérios não metálicos:
01 04 07 (*)	Resíduos contendo substâncias perigosas, resultantes da transformação física e química de minérios não metálicos
01 04 08	Gravilhas e fragmentos de rocha não abrangidos em 01 04 07
01 04 09	Areias e argilas
01 04 10	Poeiras e pós não abrangidos em 01 04 07
01 04 11	Resíduos da preparação de minérios de potássio e de sal-gema não abrangidos em 01 04 07
01 04 12	Rejeitados e outros resíduos, resultantes da lavagem e limpeza de minérios, não abrangidos em 01 04 07 e 01 04 11
01 04 13	Resíduos do corte e serragem de pedra não abrangidos em 01 04 07
01 04 99	Outros resíduos não anteriormente especificados
01 05	Lamas e outros resíduos de perfuração:
01 05 04	Lamas e outros resíduos de perfuração contendo água doce
01 05 05 (*)	Lamas e outros resíduos de perfuração contendo hidrocarbonetos
01 05 06 (*)	Lamas e outros resíduos de perfuração contendo substâncias perigosas
01 05 07	Lamas e outros resíduos de perfuração contendo sais de bário não abrangidos em 01 05 05 e 01 05 06
01 05 08	Lamas e outros resíduos de perfuração contendo cloretos não abrangidos em 01 05 05 e 01 05 06
01 05 99	Outros resíduos não anteriormente especificados

Fonte: (Comissão Europeia, 2014)

(*) Resíduos Perigosos

Dependo do minério e do processo extrativo, estes são na sua maioria os resíduos associados à exploração mineira de maneira geral. Existem, no entanto, outros resíduos produzidos que decorrem geralmente de instalações auxiliares (e.g.: refeitório, escritório, entre outros), de operações de manutenção paralelas à actividade em questão, e.g.: óleos, graxa, entre outros, provenientes da manutenção de máquinas e oficinas de apoio (Martins, 2013).

Em Angola a gestão dos resíduos, ainda é pouco consolidada, de tal modo que não existe uma classificação tão detalhada que permita a distinção a esse nível. São apenas classificados segundo a origem, nomeadamente, resíduos industriais e existe ainda uma lista de características perigosas dos resíduos concernente ao Anexo III do Decreto Presidencial n.º190/12 de 24 de Agosto – Regulamento sobre Gestão de Resíduos.

Os resíduos gerados durante as fases de processamento são designados de rejeitos, e dependo das suas características podem ser depositados em pilhas (escombreiras) ou em barragens de rejeitados.

2.3 Principais fontes de impactes em exploração auríferas

2.3.1 Escombreiras

As escombreiras são depósitos superficiais, geralmente não confinados, construídos em pilha cujo objectivo é armazenar material estéreis proveniente da mineração. As dimensões dependem directamente do volume de material que é necessário retirar para a extracção do minério que, por sua vez, depende da estrutura geológica do jazigo e da topografia da área, assim como do valor económico do minério a explorar e dos custos de extracção da ganga (Instituto Geológico Mineiro, 1999).

Para critérios de construção, optamos pelas regras de boa praticas no desmonte a céu aberto do Instituto Geológico Mineiro (1999), que apresenta uma classificação, para terrenos inclinados (caso mais comum), quatro tipos de escombreiras, conforme demonstrado na Figura 2.5:

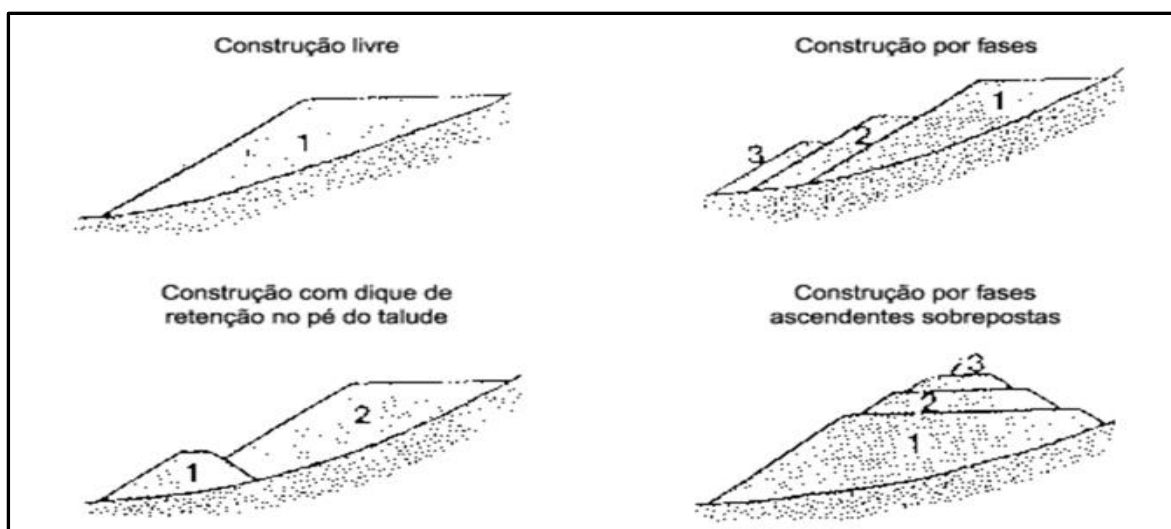


Figura 2.5 - Tipos de escombreiras segundo a sequência de construção
Fonte: (Instituto Geológico Mineiro, 1999)

O método de formação livre embora seja o mais comum em mineração é, do ponto de vista de estabilidade geotécnica, o mais desfavorável, sendo eficaz apenas para escombrelas de pequenas dimensões e que não apresentem risco de derrocada, e.g.: os blocos. Este método caracteriza-se por apresentar um talude coincidente com a inclinação máxima que permita a estabilidade dos taludes, e por apresentar uma acentuada separação granulométrica do estéril (*idem*).

O método de construção por fases proporciona factores de segurança mais elevados em relação o método livre, de onde resultam escombrelas com taludes mais baixos. A altura total destes depósitos pode estar limitada por factores associados ao acesso aos níveis inferiores (*idem*).

O tipo de construção com dique de retenção no pé do talude, só apresenta grandes vantagens quando os materiais não são homogéneos e apresentam diferentes litologias, granulometria e características geotécnicas. Este (dique), é construído com material estéril de maior dimensão e mais resistente, de maneiras que forma um obstáculo ao escorregamento do restante material depositado (*idem*).

A construção de escombrelas por fases ascendentes sobrepostas é a que confere uma maior estabilidade dos materiais depositados, visto que, se diminuem os taludes finais e se obtém uma maior compactação dos materiais (*idem*).

A instabilidade das escombrelas é visto por muitos autores como um problema geotécnico, quer estejam activas, quer estejam já em abandono, e sobre a economia da operação, sendo necessário na maioria dos casos chegar a uma solução de compromisso entre ambos os factores (Roque, 2009).

De acordo com Robertson & Skermer (1988) citado por M. C. R. Roque (2009); e Bastos (1999) a água é um agente propulsor de fenómenos de instabilidades. Os autores apresentam dois tipos de acções que podem causar instabilidade nos depósitos de resíduos:

- i. Acções súbitas, causadas por eventos intensos ou extremos, como inundações e sismos.
- ii. Acções lentas, mas contínuas, como a acção da água, de agentes químicos e biológicos e do vento.

Apesar das condicionantes da estabilidade das escombrelas, a literatura apresenta soluções de mitigação aplicáveis a problemas com essas estruturas: estabilidade com recurso a elementos externos de contenção ou sem recurso a elementos externos. No entanto, qualquer tipo de solução de estabilização deve integrar soluções de drenagem eficazes, seja de drenagem superficial seja de drenagem interna, já que a água é muitas vezes o principal fator de instabilização de aterros e de soluções de contenção (Environmental Protection Agency | EPA, 1994).

2.3.2 Barragem de rejeitados

Segundo Mckinnon, 2002; Ozkan e Ipekoglu, 2002; Wei et al., 2013 citado por (Burritt & Christ, 2018), os métodos tradicionais de disposição de rejeitos incluem a descarga em rios próximos às minas, por

intermédio da barragem de rejeitado; despejo de material desidratado no subsolo e deposição directa no mar.

Totalmente diferente das barragens convencionais, as barragens de rejeitados são estrutura de acondicionamento de rejeitos, com objectivo de reter efluentes líquidos, provenientes das unidades de tratamento. O dimensionamento destas estruturas deve necessariamente prever o armazenamento de água durante longos períodos de tempos e a capacidade de depuração de substâncias químicas (Instituto Geológico Mineiro, 1999).

As barragens de rejeitos, são estruturas que representam um potencial de poluição muito grande, envolvendo dois aspectos importantes que dizem respeito à segurança e à saúde pública. O primeiro relaciona-se com a estabilidade estrutural da própria bacia e, em caso de acidente, à possível libertação de um grande volume de água e/ou de fluidos rejeitados. O segundo aspecto diz respeito a uma possível contaminação dos cursos de água e dos aquíferos subterrâneos, caso o material rejeitado não fique retido na bacia e se infiltre no terreno (Instituto Geológico Mineiro, 1999).

Na história da indústria mineira são conhecidos vários acidentes, na sua maioria consequência de colapsos da barragem de rejeitos ou lamas, nomeadamente: Stava (Itália, 1985), Aznalcollar (Espanha, 1998), Baia Mare (Roménia, 2000), Aitik (Suécia, 2000), Aude (França, 2004), Borsa (Roménia, 2005), Kolontár (Hungria, 2010) e mais recentemente foi o rompimento das barragens do Fundão e Santarém em Mariana (Brasil, 2015).

De acordo com a Environmental Protection Agency | EPA (1994) e o Instituto Geológico Mineiro (1999) existem vários métodos de construção de barragens de rejeitados, desenvolvidos de modo a maximizar o condicionamento de rejeitados, agrupados em três grandes grupos (ver Figura 2.6):

✓ Construção a montante (*Upstream*)

É o método mais antigo de construção de bacias, sendo o método mais económico. A construção consiste em colocar material para montante, em cima do material já existente, elevando assim os taludes da bacia. (...) Deste modo, à medida que a altura da bacia aumenta, o dique vai-se movendo para montante encontrando-se apoiado nos rejeitados anteriormente depositados. As vantagens do presente método são o seu baixo custo e rapidez de construção.

✓ Construção a jusante (*Downstream*)

Método relativamente recente. É semelhante ao anterior variando apenas a direcção de construção e/ou desenvolvimento. Todas as variantes deste método têm um ponto em comum, uma vantagem face ao método anterior, o facto de serem construídas na direcção jusante e, por conseguinte, terem fundações previamente preparadas e não rejeitados previamente depositados. As vantagens do presente método, para além da anterior, são: o controle de compactação e colocação dos materiais poder ser realizado ao longo das operações de enchimento; a possível instalação de sistemas internos de drenagem à medida que a bacia é construída, o que melhora a sua estabilidade; o facto de a bacia

poder ser projectada e construída para qualquer grau de segurança, incluindo resistência a tremores de terra, a possibilidade de esta poder ser elevada, com um mínimo de alterações e problemas acima do valor inicialmente previsto no projecto. Esta última vantagem torna-se muito importante na indústria mineira, na medida em que por vezes a vida da exploração é acrescida por novas descobertas de minério, melhorias no método de exploração ou aumento das cotações do metal.

A grande desvantagem de todos os métodos de construção a jusante é o enorme volume de areias necessário para construir a bacia.

✓ Construção central (variante da construção a jusante)

Este é uma variante do método anterior, sendo a única diferença o facto de o topo da bacia não se mover para jusante, mas sim verticalmente. Este método permite que se eleve a bacia de um modo mais rápido e com recurso a menos material (areia).

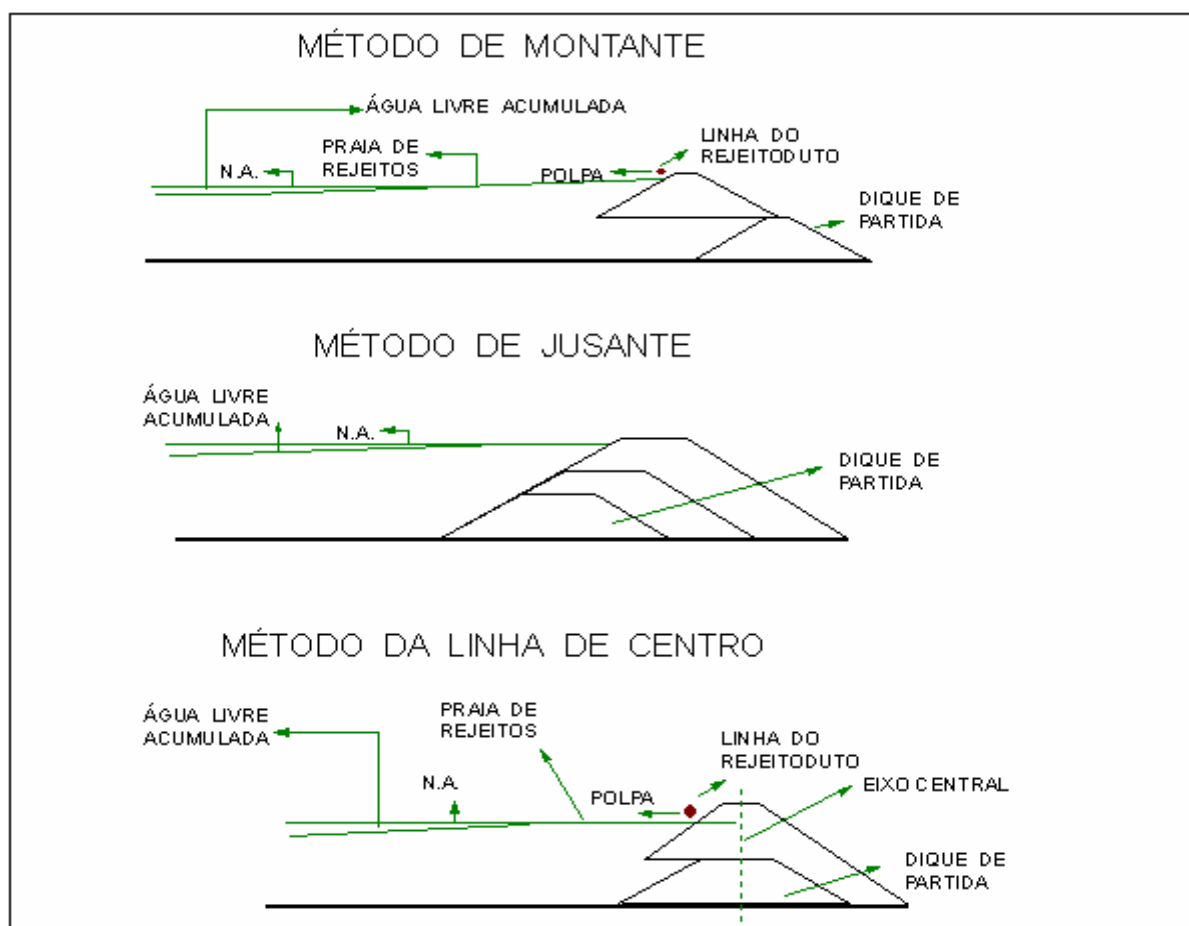


Figura 2.6 - Métodos de construção de barragem de rejeitados
Fonte: Espósito, 2000 citado por (Coqueia, 2014)

O risco, apesar de baixo, de barragens de rejeitados entrarem em colapso é a principal preocupação do sector mineiro. Na Tabela 2.5 apresentamos as principais causas que estão na origem do colapso de barragem de rejeitados, segundo (Coqueia, 2014); e (Duarte, 2008).

Tabela 2.5 - Descrição das principais causas de colapso das barragens de rejeitados

Causas	Descrição
Galgamento	Causado principalmente quando o nível da água ultrapassa a crista da barragem, ocorrendo um galgamento, é muito provável que ocorram inúmeras fissuras. A água de transbordo vai provocar uma rápida erosão da parede até conduzir num tempo muito curto, alguns minutos, a um colapso da estrutura
Falha na fundação	Os defeitos na fundação não são incomuns entre as estruturas de rejeito, onde existe na base da estrutura uma camada fraca de solo ou rocha em profundidade na fundação. O movimento ao longo de um plano de fraqueza ocorrerá se o carregamento do solo produzir tensões em excessos da força de corte do solo na camada fraca
Erosão	Este fenómeno designado por <i>pipíng</i> (erosão interna) poderá conduzir ao desenvolvimento de grandes cavidades, progredindo de jusante para montante. Para prevenir é necessário diminuir os gradientes hidráulicos e incorporando na estrutura filtros e drenos adequados, fazer uma adequação de métodos de desvio ou encaminhamento de águas pluviais e fazer uma manutenção no talude da estrutura.
Canalização	A canalização ocorre quando existem infiltrações para a parte interna ou na camada inferior do armazenamento, originando uma erosão ao longo do percurso. Uma canalização excessiva pode provocar um colapso parcial ou total da barragem
Liquefação	Este tipo de colapso ocorre com maior frequência em zonas sísmica, podendo ocorrer também como consequência de vibrações causadas por equipamentos pesados que circulam ao longo da crista das paredes do dique ou ainda originados por rebentamentos provenientes de extração mineral. Os fatores que afetam a liquefação são: o tipo de solo (granulometria uniforme – finos, são os mais suscetíveis), compacidade (quando maior for, mais resistente será à ação), os excessos positivos de pressão na água dos poros do rejeito, a intensidade do sismo e a localização do nível freático.
Colapso por uma velocidade de crescimento elevado	Se uma barragem tipo <i>upstream</i> crescer de uma forma demasiadamente rápida o seu dique, pode ocorrer um colapso provocado por uma pressão excessiva nos poros no interior da estrutura.
Colapso por subida do nível de água	Uma subida excessiva do nível das águas pode originar um colapso nas barragens <i>upstream</i> – mesmo que não aconteça um galgamento. A subida de nível pode ser originada por precipitações elevadas ou por gestão incorreta dos efluentes lançados na barragem provocada pelo operador da central do tratamento de minério. Se a extensão da praia for demasiada pequena, a superfície freática sobe no interior do armazenamento e pode fazer com que a crista da barragem se torne instável. Pode haver um colapso total da barragem, iniciando-se na sua crista.

Fonte: (Coqueia, 2014)

A selecção do método de transporte dos rejeitados até à lagoa, deve ser garantido com base em estudos sobre as características dos materiais a depositar, o ciclo de deposição, o clima, o *layout* e o *design* da barragem. De entre as diversas formas de deposição do rejeitado as mais utilizadas, quando se objectivam fornecer a maior parte do material para aumentarem os diques gradualmente, e, subsequente ao primário, são por descarga de ponto único (*spray bar*), por *spigotting* e por hidrociclone (Coqueia, 2014).

2.4 O sector mineiro em Angola

2.4.1 Principais actividades

É unânime a opinião de que o território angolano possui um grande e diversificado potencial mineiro, entretanto, tais informações carecem de fundamentação através da execução de trabalhos de investigação geológica.

Até bem pouco tempo o governo angolano não tinha domínio exacto das reservas minerais existentes no território. No entanto, desde 2015 que o governo estabeleceu como prioridade a criação do Plano Nacional de Geologia de Angola (PLANAGEO). Este instrumento imprescindível visa melhorar o conhecimento da geologia e do potencial dos recursos minerais e relançar e dinamizar o sector mineiro a nível do país.

Num passado não muito distante, Angola viu alguns dos seus recursos mineiros serem explorados, factos que sustentam até hoje a ideia de que o território nacional possui grande e diversificado potencial mineiro. De salientar que destes recursos a exploração de petróleo é até os dias de hoje a base da economia angolana. Assim sendo, mostramos alguns desses momentos.

- **Petróleo**

A actividade de prospeção e pesquisa de hidrocarbonetos em Angola iniciou-se em 1910, mas o primeiro poço só foi perfurado em 1915. A primeira descoberta comercial de petróleo deu-se em 1955, sob o comando da Petrofina, no vale do Kwanza (Sonangol EP, 2018).

Na era colonial, Angola chegou a ter a maior produção diária de África, proveniente da exploração em *offshore* de Cabinda, *onshore* do Kwanza e do Congo. Até a data da elaboração desta dissertação foram perfurados em Angola mais de 200 poços de pesquisa e exploração. Com uma produção aproximada de 2 milhões de barris diariamente (Sonangol EP, 2018).

Ao longo dos anos, Angola apostou em novas tecnologias para exploração em águas profundas e ultra profundas, atraindo muitas empresas do mundo todo. Desde 2015 que assumiu o compromisso de terminar com a queima de gás resultante da exploração petrolífera (Sonangol EP, 2018).

- **Diamantes**

A exploração de diamantes em Angola é a segunda fonte de receita do país. Com a descoberta no século XX de sete diamantes na região das Lundas. O início do processo de mecanização da indústria

diamantífera em Angola deu-se em 1937, mas só em 1952 se descobriu o primeiro Kimberlito, o Camafuca – Camazambo (Endiama E.P., 2017).

Nas décadas seguintes foram descobertas mais de 190 fontes primárias de diamantes e outros depósitos ricos em recursos diamantíferos. Após os conflitos armados que assolaram o país a consolidação da indústria diamantífera ficou pautada por vários momentos, destaque para a criação da Empresa Nacional de Diamantes de Angola (ENDIAMA) em 1981, actual detentora dos direitos diamantíferos; a constituição da Sociedade Mineira de Catoca em 1993; a criação da Sociedade de Comercialização de Diamantes de Angola SARL (SODIAM) e da Angola *Selling Corporation* (ASCORP), ambas destinadas a comercialização de diamantes. Em 2000 iniciou-se o Processo *Kimberley* que visa a certificação de diamantes (Endiama E.P., 2017).

Actualmente, estão identificadas mais 800 chaminés kimberlíticas, maior parte mineralizadas, onde são estimadas várias centenas de milhões de quilates em reservas diamantíferas. A Mina de Catoca é o quarto maior núcleo de kimberlito do mundo. O grande desafio desta empresa prende-se com a ampliação dos campos kimberlíticos e a legalização da produção artesanal de diamantes (Endiama E.P., 2017).

✓ Ferro

A exploração de ferro em Angola ocorreu entre os anos de 1967 a 1975 na zona de Cassinga, município da Jamba, província da Huíla. A linha do caminho de ferro foi preparada com o objectivo principal de transportar o mineiro de ferro, desta localidade até a zona de Sacomar, na província do Namibe.

Durante este período foram transportados sensivelmente 6 milhões de t/ano de minério de ferro. A transportação era feita em comboios que trafegavam diariamente pelas duas linhas existentes até ao cais de descarga totalmente mecanizado. Além do minério de ferro, o CFM transportava granito, madeira e milho (Domingos Sousa [entrevista pessoal], 2017).

Com início dos conflitos armados em 1975, ficou interrupta a ligação do caminho de ferro e consequentemente a exploração deste minério terminou em Angola. Actualmente o CFM está a trabalhar na recuperação da linha férrea para o município da Jamba e segundo consta estão a ser estudadas possibilidades viáveis como a implantação de metalúrgicas e novas linhas de escoamento do minério (Domingos Sousa [entrevista pessoal], 2017).

✓ Ouro

Os registos que incidem sobre a exploração de ouro demonstram que zonas do país como a província da Huíla já foram alvo de exploração. Nos anos 1940 com a chegada dos portugueses na região, cuja actividade inicial era a exploração de diamante, exploração de madeira e produção de milho, passando mais tarde para a exploração de ouro. Há registos de passagem de algumas empresas, ainda no período colonial, isto é, no espaço compreendido entre 1950 a 1966, como a Sociedade Mineira do *Lombige* (SOMIL), a Companhia Mineira do Lobito (CML) dentre outras, tendo estas explorado de forma artesanal, significativas quantidades de ouro, com registo de cerca de até 500 kg desta preciosidade (Lafech Mining Resources LdaDA, 2017).

Após a passagem das empresas supramencionada, assim como de pessoas a título individual, esteve radicada na localidade do Chipindo a empresa *Colmaroy, S.A.R.L.*, que no período compreendido entre 1966 e 1977, desencadeou uma campanha de exploração de ouro na região. A falta de registos não permite ter dados concretos da quantidade extraída. Após a intensificação do conflito armado a actividade da empresa *Colmaroy S.A.R.L.* foi interrompida não tendo mais se registado quaisquer actividades até à outorga do título de prospecção a empresa *Lafech Mining Resources, Lda* que ocorreu no ano de 2011 (Lafech Mining Resources LdaDA, 2017).

Actualmente, Angola explora principalmente petróleo, gás natural, diamantes, cimento e rochas ornamentais (subsector que tem vindo a se desenvolver fortemente). Em relação ao potencial extrativo das reservas minerais angolanas, o PLANAGEO (em curso até a data da presente dissertação) afirma que o subsolo angolano apresenta um quadro favorável no desenvolvimento de novos depósitos de minerais metálicos como ferro, manganês, titânio, cobre, chumbo, zinco, cromo, ouro, platina e urânio e de minerais industriais como fosfatos e gesso.

2.4.2 Enquadramento legal

Os países instituem no âmbito da sua constituição o direito a todos os cidadãos de viver num ambiente equilibrado como base para a melhoria da qualidade de vida, estabelecendo ao poder público e aos próprios cidadãos o dever de proteger e conservar o ambiente para as presentes e futuras gerações.

Da lei constitucional são transpostos para outros diplomas legais as especificações que regulam os direitos e deveres das actividades a serem desenvolvidas num determinado território. No que diz respeito as actividades de extracção minera, de um modo geral, cada país tem sua particularidade no tratamento das concessões minerais (ver Tabela 2.6) e na gestão ambiental da mesma. Porém, alguns princípios são basilares e são cada vez mais comuns entre as sociedades e.g.: o princípio do poluidor – pagador, que responsabiliza todo explorador de recursos minerais a recuperar o meio ambiente degradado. Através deste princípio é possível dividir a responsabilidade pela protecção do ambiente, entre o poder público e os cidadãos.

Tabela 2.6 - Sinopse comparativa da titularidade dos recursos minerais

País	Domínio
África do Sul	Os recursos minerais e petrolíferos estão sob custódia do Estado.
Angola	Os recursos minerais então englobados nos recursos naturais do solo e subsolo e são propriedade originária do Estado.
Brasil	Os recursos minerais são bens da União.
Canadá	Os minerais, excepto o ouro e prata, estão incorporados à terra e pertencem ao proprietário do solo.
EUA	O direito sobre os bens minerais pertence ao proprietário do solo.
Portugal	Os recursos minerais podem ser de propriedade privada e de domínio público do Estado.

Adaptado de: (Farias & Coelho, 2002)

Em Angola, o regime jurídico aplicável ao sector geológico e mineiro é instituído pela Lei n.º31/11 de 23 de setembro, que estabelece os regimes de investimento mineiro no sector da geologia e minas. Esta lei, institui ainda a obrigatoriedade da elaboração da AIA, como condição prévia para a obtenção dos direitos mineiros na fase de exploração.

Sobre o domínio ambiental, o quadro normativo aplicável está sujeito a Lei n.º5/98 de 19 de Junho, 1998 - Lei de Bases de Ambiente. Esta, estabelece que um dos principais instrumentos de gestão ambiental é a AIA cujo objectivo fundamental é o de aferir as incidências que determinados projectos públicos e privados possam ter sobre o ambiente, com base em Estudos de Impacte Ambiental (EIA) previamente elaborados.

O Decreto n.º51/04 de 23 de Julho, estabelece o conjunto de procedimentos que devem ser seguidos na elaboração dos EIA, assim sendo, para a elaboração do EIA de projectos de mineração os mesmos estão sujeitos a um Termo de Referência (TDR) específico.

2.5 Paradigma da mineração sustentável

Antes de mais é conveniente elucidar que o sector mineiro tem aspectos próprios que caracterizam de forma insustentável as suas actividades. O aproveitamento de um recurso não renovável e a produção de milhões de toneladas de resíduos, são alguns destes aspectos. Contudo, as organizações têm apostado em técnicas de análise ambiental como forma de assegurar que indústria extrativa crie um vínculo de processos técnicos com melhores práticas de protecção ambiental.

Para muitas empresas, a sustentabilidade deste sector está somente na identificação e compensação de impactes ambientais que na maioria das vezes, os mesmos alegam que são temporários e localizados apenas na área da actividade e que os benefícios socioeconómicos são em maior proporção, a partir da percepção de que o uso dos recursos minerais é elementar para o desenvolvimento económico do país e a melhoria do bem-estar das sociedades através da criação de postos de trabalhos.

O desenvolvimento sustentável para a mineração, significa um conceito de necessidades, uma ideia de limitações e um paradigma orientado para o futuro e um processo de mudança. Os investimentos em projectos mineiros devem ser economicamente rentáveis, tecnicamente adequados, ambientalmente saudáveis e socialmente responsáveis. A estratégia de incorporação envolvida na extracção de recursos não renováveis passou por uma crescente pressão para incorporar o conceito de sustentabilidade na tomada de decisões estratégicas de processos e operações. O desenvolvimento económico, o impacte ambiental e as responsabilidades sociais devem ser bem geridos e deve existir relações produtivas entre o governo, as organizações não governamentais, a indústria e as partes interessadas (Kumar, 2014).

Técnicas de análise ambiental

As técnicas de análise ambiental têm relação com a economia e o uso do ambiente (ver Figura 2.7). As mesmas visam construir um processo de disseminação de informações que auxiliam na tomada de

decisões, envolvendo as partes interessadas, aumentando a responsabilidade social e ambiental (minimizando os impactos negativos), e maximizando os benefícios económicos. Estas informações podem se apresentar como requisitos legais ou como compromissos que as empresas assumem para melhorar o seu desempenho.

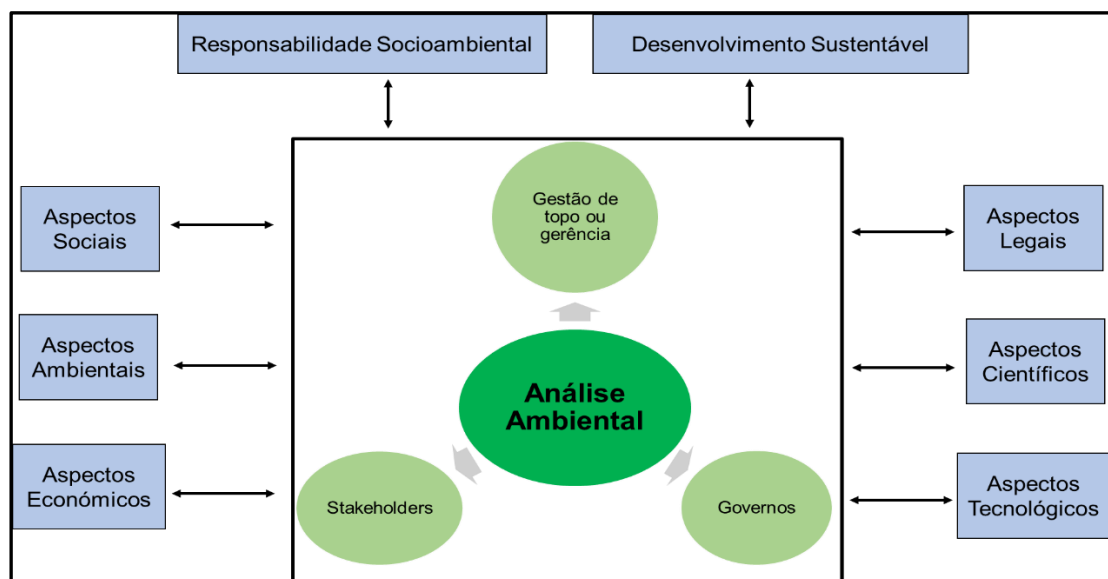


Figura 2.7 - Interação entre componentes da análise ambiental
Adaptado de: (Antunes & Videira, 2015)

A UNEP, 2004 propõe a avaliação ambiental integrada para identificar e avaliar problemas ambientais, produzindo indicadores ambientais e informações relevantes para a política ambiental, orientadas para o futuro, sobre as principais interações entre o ambiente e a sociedade humana.

O uso de ferramentas como, o sistema de gestão ambiental (SGA), avaliação de risco, análise de ciclo de vida, gestão e controlo de qualidade ambiental, análise custo/benefício, guias de boas práticas são usualmente conhecidas pelas organizações. A gestão ambiental representa a tomada de acções concretas, implementadas para fazer face aos problemas ambientais através de instrumentos como a política ambiental e auditorias ambientais, mecanismos utilizados para promover a adopção das medidas de gestão ambiental para todos os intervenientes.

Segundo a norma ISO 14001:2004 (*International Organization for Standardization*), num SGA, os elementos inter-relacionados incluem a estrutura organizacional, o planeamento, a implementação e operação das actividades, as responsabilidades, as práticas, os procedimentos, os processos e recursos para desenvolver, implantar, realizar, revisar e manter actualizada a política ambiental.

A International Association for Impact Assessment, 2012, considera o EIA, peça fundamental da AIA - instrumento imprescindível na tomada de decisões sobre a implementação de projectos. O EIA é o documento resultante da avaliação ambiental, e nele são apresentados os impactos ambientais identificados e avaliados e as medidas de mitigação e/ou compensação de projectos sujeitos a este.

Em Angola, a AIA é um instrumento obrigatório e regulamentada pelo Estado. É geralmente utilizada para efeitos de obtenção de licenças ambientais.

3 Metodologia

3.1 Metodologia geral

Para alcançar os objectivos estabelecidos, a metodologia adoptada incidiu fundamentalmente na revisão da literatura em torno da temática. Foram seleccionados instrumentos a analisar, nomeadamente regimes jurídicos e políticas do sector mineiro (subsector aurífero) e ambiental (estudos de avaliação de impactes ambientais, guias de boas práticas).

Após a selecção de um projecto de exploração aurífera como caso de estudo foram mantidos contactos directos com a entidade angolana Ferrangol EP e com a Direcção Nacional de Prevenção e Avaliação de Impactes Ambientais (DNPAIA) do Ministério do Ambiente de Angola, que garantiram o acompanhamento do EIA e a visita ao local da mina, naquele que será um dos primeiros projectos de exploração de ouro no país, após a independência.

As informações recolhidas contribuíram para a elaboração das perspectivas de atempadamente garantir uma estrutura melhor da gestão ambiental deste sector. Na Figura 3.1, encontra-se esquematizada a metodologia geral adoptada.

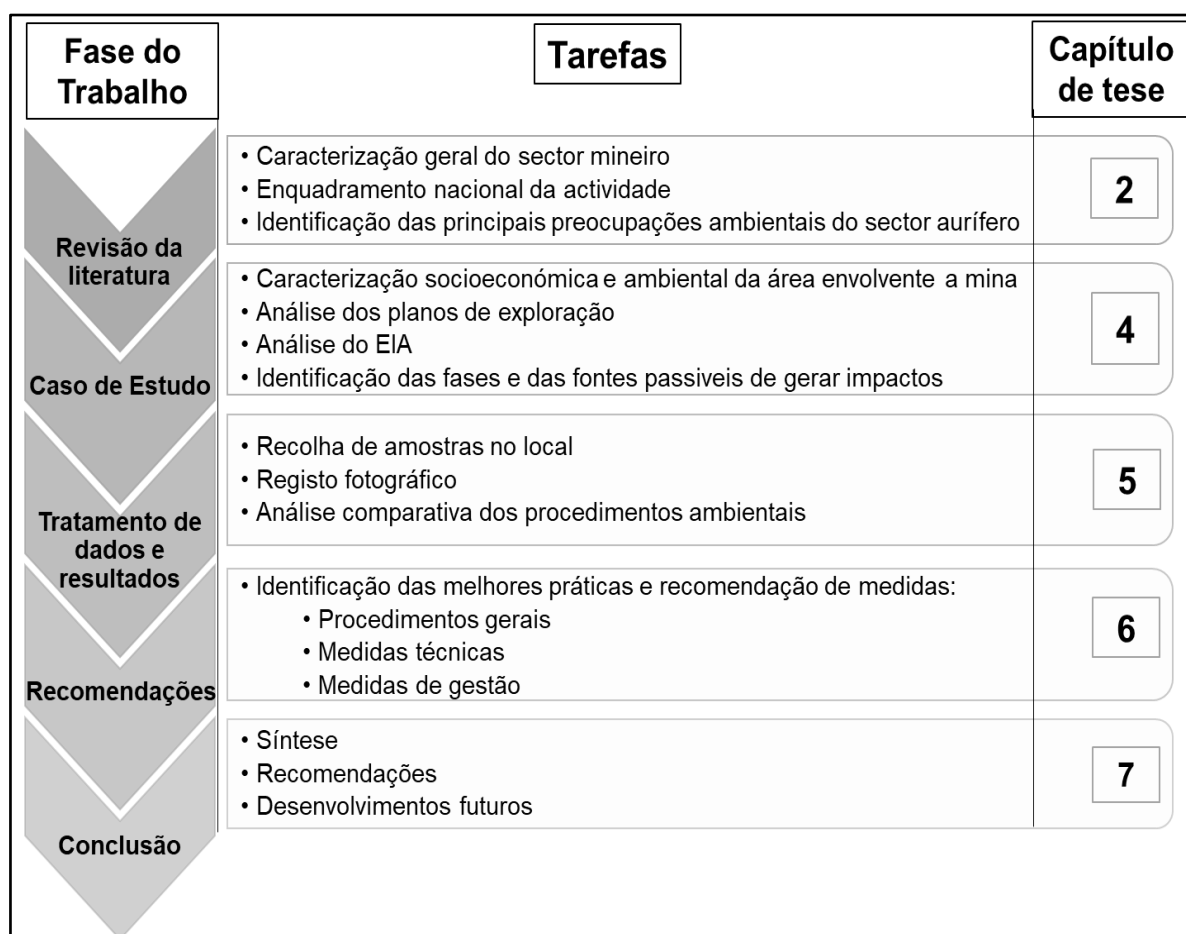


Figura 3.1 - Esquematização da metodologia geral adoptada

3.2 Caracterização do caso de estudo

Após a caracterização do sector mineiro em Angola, procedeu-se a selecção de um caso de estudo. Em conjunto com a empresa pública Ferrangol seleccionou-se o projecto de extração do minério aurífero aluvionar da Jazida na Mineira na localidade do Chipindo, propriedade da empresa LAFECH MINING RESOURCES-LDA. Foram analisados os principais instrumentos do projecto, nomeadamente, o plano de exploração e o EIA.

3.3 Tratamento de dados e resultados

A partir dos instrumentos fornecidos, efectuou-se uma análise comparativa da literatura internacional – dos procedimentos do projecto – do EIA. A partir desta análise foram distinguidas as potenciais fontes de impactes no projecto do Chipindo, tendo em consideração as características do local, as técnicas e equipamentos seleccionados.

Uma vez que o empreendimento ainda não está em funcionamento e alguns dados carecem de ajustes, houve a necessidade de se assumir pressupostos fundamentais para assegurar a argumentação técnica, sobretudo para o fluxo de materiais, recursos hídricos, resíduos sólidos e efluentes. Assim sendo:

- ✓ Elaborou-se o fluxograma de matérias para melhor compreensão do desenvolvimento dos *stocks*, operações, *inputs* e *outputs* da cadeia produtiva;
- ✓ Foram considerados dois cenários, o primeiro com os dados do projecto e o segundo com pressupostos assumidos com base na literatura;
- ✓ Estimou-se para cada cenário, a quantidade de água total a ser gasta nas principais actividades no empreendimento;
- ✓ Estimou-se a disponibilidade hídrica do rio Tchissõe;
- ✓ Estimou-se a capacidade da barragem de armazenamento de águas pluviais;
- ✓ Estimou-se a quantidade de material rejeitado gerado, assumindo o pressuposto que 50% do material processado é considerado estéril e os restantes 50% é enviado para a lavaria. Sendo que do material processado 99.5% é material sólido rejeitado em forma de lama;
- ✓ Estimou-se a área útil ocupada pelas escombreyas;
- ✓ Verificou-se a capacidade e o tempo de vida útil das barragens de rejeitados.

Paralelamente a análise comparativa, foi efectuada um trabalho de campo, que consistiu na averiguação de dados da caracterização socio-económica e análise do pH da água do rio Tchissõe

3.4 Recomendações

As recomendações foram estruturadas em três níveis:

- ✓ Procedimentos gerais
- ✓ Medidas Técnicas
- ✓ Medidas de gestão

4 Caso de estudo – exploração aurífera da mina de Chipindo

4.1 Apresentação da empresa

A *Lafech Mining Resources, Lda* é uma empresa angolana, do grupo Ferrangol EP, concessionária estatal de ferro e detentora dos poderes de prospecção e exploração de metais ferrosos, não ferrosos ou de base, metais raros e metais nobres.

Com objectivo centrado na exploração de ouro, em 2011 a empresa obteve os direitos de prospecção dos jazigos auríferos existentes na área de concessão do município do Chipindo, província da Huíla. Em 2015, a empresa obteve os direitos de exploração de uma área de concessão de 664 33 km², uma vez que o estudo de prospecção mostrou-se promissor.

A partir do segundo semestre do 2018 a empresa dará início a exploração exclusiva do minério de ouro (Au), da jazida aluvionar da Mineira, no Chipindo. Estando por isso a realizar os últimos testes e montagem de equipamentos.

4.2 Caracterização do município do Chipindo

O projecto de exploração de ouro no Chipindo, situa-se na zona da Chiriva, 35 km a sul da sede do município de Chipindo, província da Huíla, a sul de Angola, ver Figura 4.1 e Figura 4.2.

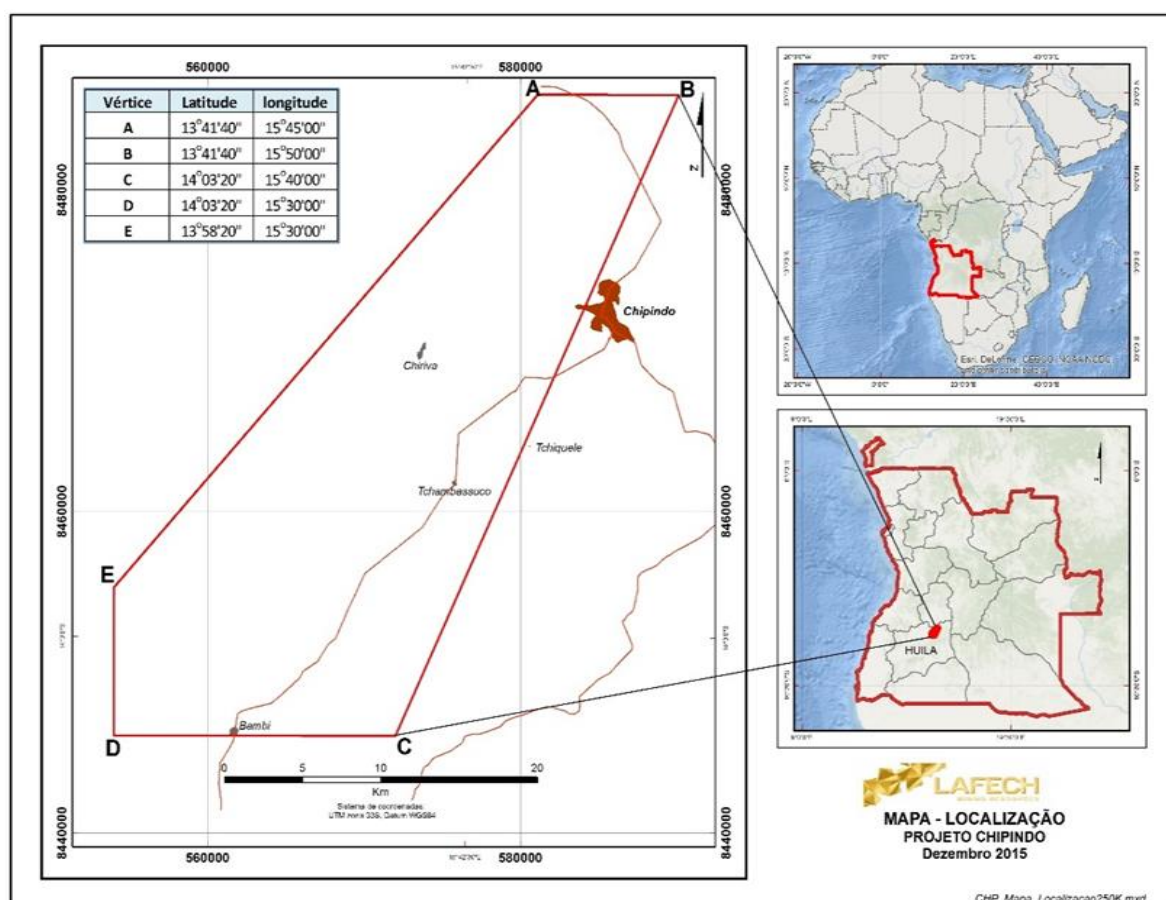


Figura 4.1 - Mapa de localização da área de estudo

Fonte: Lafech Mining Resources, Lda (2017)

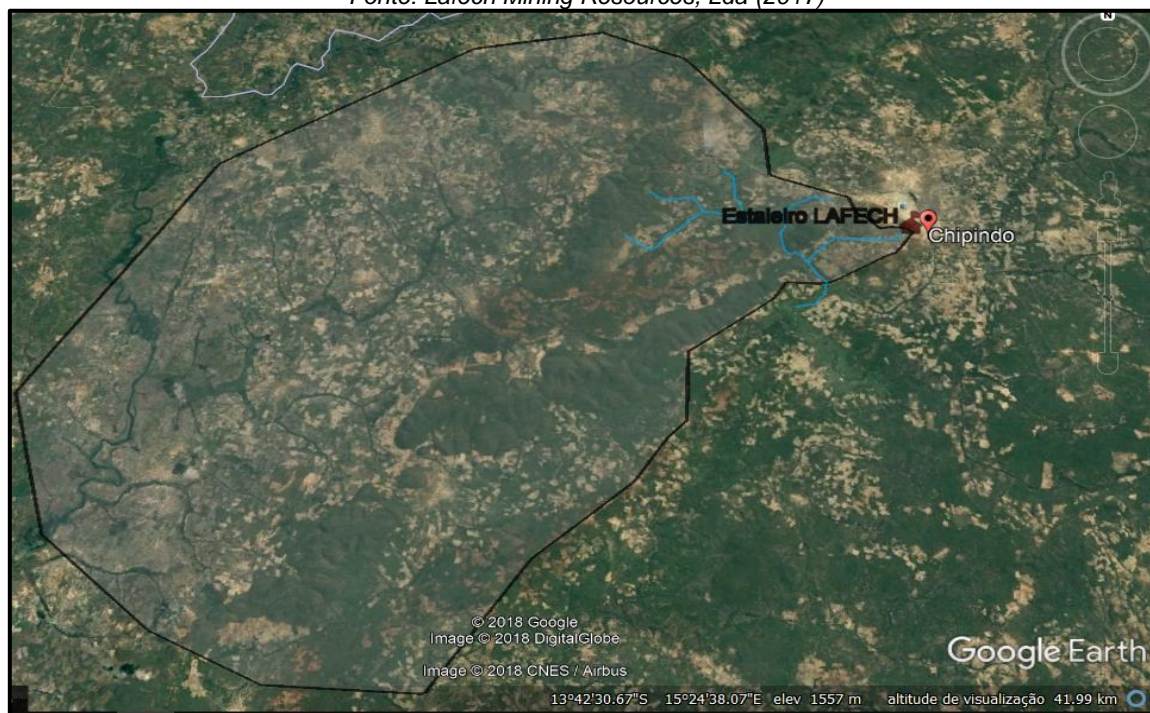


Figura 4.2 - Fotografia aérea da área de estudo
Fonte: Google Earth (2018)

Segundo (Diniz, 1998), o território do município do Chipindo, está introduzido na cadeia marginal de montanhas, correspondente a um conjunto montanhoso de níveis residuais cujo as superfícies atingem os 2 100 – 2 200 metros.

A geologia desta região, está inserida nos depósitos quaternários: aluviões de formações continentais do cenozoico e nos gnaisses e granitos associados do mesozoico.

Quanto aos solos, predominam na região solos ferralíticos, conforme podemos observar na carta de solo apresentada na Figura 4.3.

Estes solos, apresentam uma textura fina, em tons avermelhados, associados normalmente, a uma alta percentagem de argila, em que as formas minerais de ferro e alumínio têm um papel preponderante (Sertoli, 2009). Na Figura 4.4 é possível ver algumas destas características.

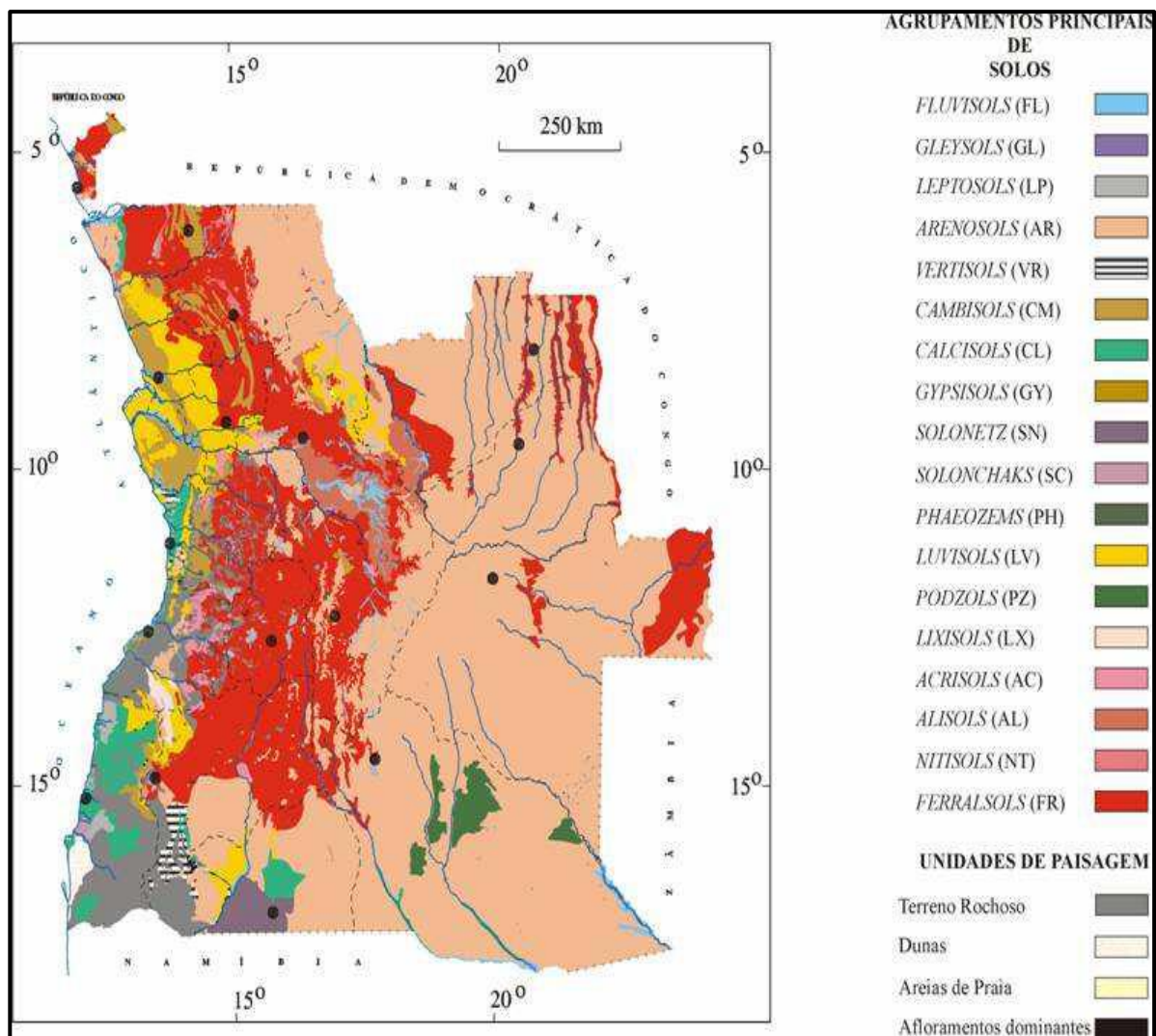


Figura 4.3 - Versão simplificada da carta de solos de Angola
 Fonte: (Ricardo, Raposo, & Madeira, 2014)



Figura 4.4 - Fisionomia dos solos na zona da Chiriva, Chipindo
 Fonte: fevereiro de 2018

A geologia regional em torno da concessão é caracterizada por terrenos de rochas granitoides de idade e composição diversas, ocorrendo inclusos domínios isolados com rochas de natureza vulcano-sedimentar (Figura 4.5).

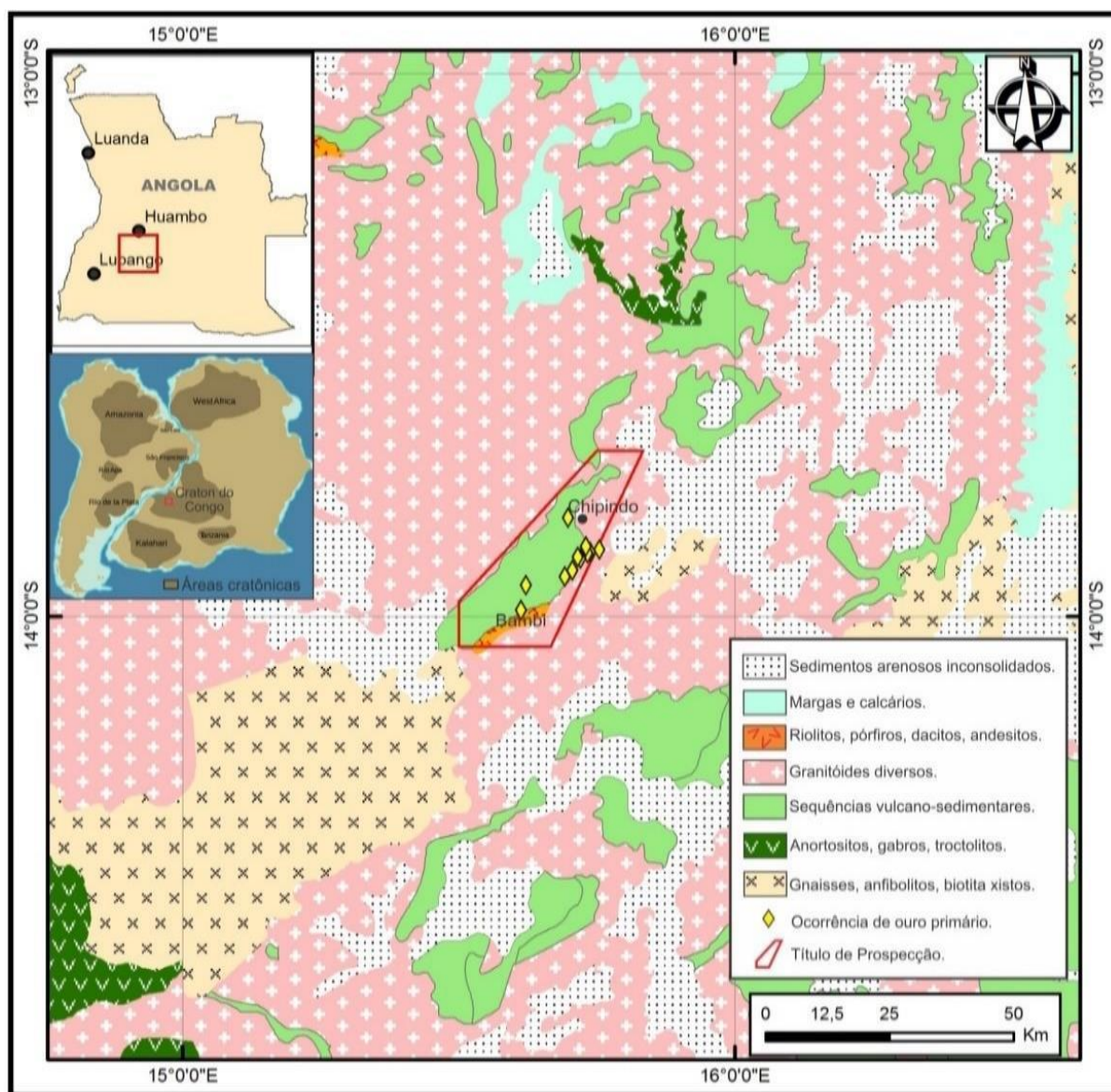


Figura 4.5 - Mapa geológico regional da concessão mineira do Chipindo

Fonte: Lafech Mining Resources, Lda (2017)

Quanto ao clima da região, predominam duas estações, sendo a húmida entre os meses de outubro a abril (verão) e a seca entre maio a setembro (inverno). A temperatura média máxima anual são de 28 °C e a mínima é de 8 °C. A precipitação é em média anual de 1 200 mm (Diniz, 1998).

Com uma vegetação de mata pouco densa, associada a arbustos ou árvores de médio e pequeno porte denominadas matas de panda, a região é caracterizada ainda pela existência de rios que atravessam quase toda a concessão, na sua maioria afluentes do Rio Cunene conforme Figura 4.6.



*Figura 4.6 - Aspecto da vegetação e um dos troços do rio Tchissõe
(Fevereiro de 2018)*

O município do Chipindo tem uma extensão de 3 898 km² e uma densidade populacional de 64 714 habitantes, distribuídos pelas duas comunas. A agropecuária é a principal actividade, destacando-se a produção de cereais e outros produtos agrícolas assim como a criação de gado bovino (Instituto Nacional de Estatística de Angola, 2014).

Até a data da elaboração desta dissertação existiam no município: 53 escolas (11 definitivas), 1 centro médico, 6 postos de saúde, 1 mercado municipal. A maior parte das infraestruturas do município foram destruídas durante o conflito armado que assolou o país, por mais de 25 anos, apresentando-se por isso bastante deficitário. O acesso até a sede do município é feito a partir das estradas que ligam as cidades do Huambo e Lubango, que se encontram parcialmente asfaltadas, os principais acessos a área de concessão são terraplanados, mas com necessidade de intervenção (Domingos Bamba [entrevista pessoal], 2018).

O município não tem um plano director que define o quadro estratégico de desenvolvimento territorial. O mesmo, carece também de um sistema de tratamento e abastecimento de água e de energia elétrica, pois depende de um gerador que fornece energia apenas das 18h à meia noite. No campo das telecomunicações, Chipindo conta com a rede *Unitel*, cujo sinal cobre apenas uma abrangência maior na sede municipal. Faltam no município, agências bancárias, transportadoras de passageiros e mercadorias, bem como outras estruturas básicas como oficinas, recauchutagens, entre outros (Domingos Bamba [entrevista pessoal], 2018).

4.3 Processo de exploração

O projecto de exploração da Mineira, conforme é designado pela *Lafech*, trata-se de uma exploração a céu aberto de minério aluvionar de ouro, com uma estimativa de produção de 800 t/dia de minério (cascalho), com uma capacidade de processamento na ordem dos 571 m³/dia. A recuperação metalúrgica está estimada em 70% , os restantes 30% são considerados perdas. O material apresenta

um teor de 0.40 g/m³ de ouro, o que pressupõe uma recuperação de 327 g/dia de Au, conforme Tabela 4.1.

Pelas reservas calculadas, o projecto tem um horizonte temporal de seis anos com possibilidade de prolongamento para mais doze anos, conforme capacidade financeira da empresa. Os equipamentos e infraestruturas deveram ser dimensionados e construídas segundo o princípio de prolongamento do projecto.

Tabela 4.1 - Estimativa de reservas de minério de ouro

Características do minério nas minas de Chipindo					Capacidade de processamento				Minério recuperado	
Au (g/m ³)			Vol.	Au						
Min.	Max.	Med.	(m ³)	(kg)	(t/dia)	(t/ano)	(m ³ /dia)	(m ³ /ano)	(g/dia)	(kg/dia)
0,1	0,25	0,18	260 450	46	800	292 000	571	208 571	327	0,33
0,25	0,5	0,38	335 913	126						
0,5	1	0,75	73 825	55						
1	1,27	1,14	71 088	81						
Total			741 276	308						

Adaptado de: Lafech Mining Resources, Lda (2017)

Inicialmente o projecto contempla um processo físico, ou seja, hidrogravimétrico – processo de separação de materiais segundo a sua densidade com uso de água. Com a ampliação do projecto, a empresa prevê o desenvolvimento de um processo físico-químico para o tratamento ou beneficiamento do minério primário após a lavagem. Decorrem os estudos da técnica a ser implementada para essa fase do projecto.

Método de lavra e tratamento do minério

A empresa seleccionou o método de lavra por tiras (*strip mining*), justificada pela característica da faixa mineralizada da jazida que se apresenta em camadas horizontais. Os parâmetros para estas fases, foram equacionados com a previsão de ampliação para o beneficiamento integral dos recursos de minério primário e secundário com a extensão das pesquisas em vários alvos já definidos.

A lavra desenvolver-se-á em duas etapas: a primeira caracteriza-se pela desmatação e decapagem do solo, que consiste na retirada da camada arável do solo, aproximadamente 2 a 3 m de profundidade. Parte do material retirado será transportado e armazenado em pargas fora da mina, para uso posterior nos trabalhos de recuperação da área degradada, o restante será depositado nas áreas adjacentes já lavradas. Nesta fase, haverá ainda remoção da canga laterítica que está acima do cascalho, com uma espessura de 5 a 6 m, esse material será todo retirado e utilizado em obras de infraestruturas.

A segunda etapa, corresponde ao desmonte da rocha, que será feito de forma mecânica com a utilização de trator *Buldozzer* do tipo D8 e posteriormente depositado em um equipamento denominado *Deimang Wash Plant* – máquina de lavagem de minério de ouro (ver Figura 4.7), que deverá trabalhar em sistema contínuo por 16 h. A energia para este equipamento e para o projecto todo, será assegurada por um conjunto de geradores, trifásico, a diesel, de 150 kva, com uma autonomia de 20 horas.

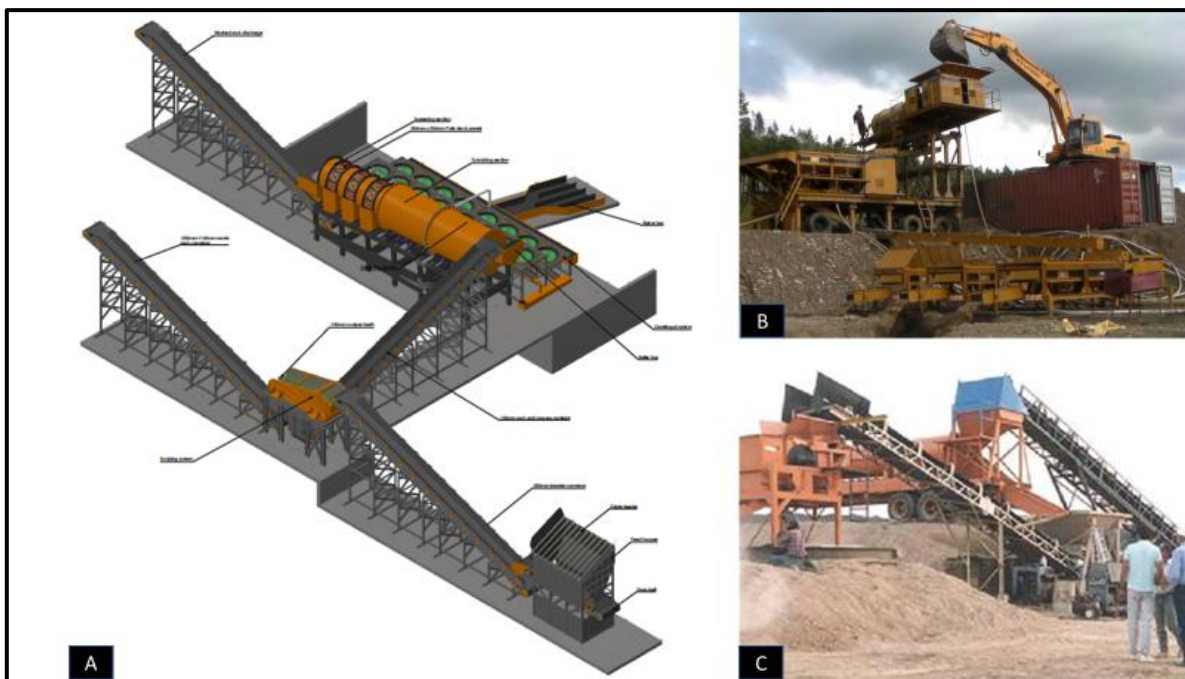


Figura 4.7 - Modelos de equipamentos de mineração.

A: Planta do equipamento da lavaria do minério no Chipindo; B e C: Equipamento em operação na mina de ouro de Mongólia

Este equipamento visa separar o ouro do cascalho com auxílio de água. Estimam - se que sejam gastos $35\text{m}^3/\text{hora}$ de água, no entanto, este gasto poderá ser maior. O aprovisionamento de água para a mina será feito a partir do rio Tchissõe, principal linha de água dentro da área de concessão, com um caudal de $18\text{m}^3/\text{s}$.

As principais operações inerentes ao processo produtivo são descritas a seguir:

- ✓ Desagregação com monitores hidráulicos nos silos, seguindo por gravidade para calhas concentradoras, onde será obtido um primeiro lote de concentrado;
- ✓ O rejeito das calhas concentradoras será conduzido por gravidade para os concentradores-centrífugos, com o objectivo de se obter um segundo lote de concentrado;
- ✓ O rejeito final será bombeado para recomposição dos sítios escavados, sendo que futuramente poderá ser aplicado a este, um processo de CIL.

Infraestruturas de apoio

Para o desenvolvimento do projecto Chipindo foi instalado um acampamento com capacidade de albergar mais de 45 pessoas, composto por dormitórios, escritórios, refeitório, posto de primeiros socorros e cozinha, assim como área de lazer e recreação; uma área para estacionamento de veículos pesados e ligeiros; uma oficina para lavagem e manutenção de veículos; uma unidade de abastecimento de combustíveis e uma pequena central térmica para geração de energia eléctrica.

Está previsto a posterior, a construção outras infraestruturas:

- ✓ Pequena área residencial para os trabalhadores e para mudança de turnos;

- ✓ Ampliação dos escritórios da empresa;
- ✓ Central de betão pronto;
- ✓ Vias de comunicação interna e externa, controlo do acesso e área de segurança;
- ✓ Sistema de armazenamento e fornecimento de água potável e de incêndios, e unidade de esgotos.

Tratamento e distribuição de água

A água para abastecimento da mina será captada no rio Tchissõe e armazenada em uma albufeira na margem do rio (Figura 4.8). O aprovisionamento será sobretudo para extracção do minério, central de tratamento de minério, instalações auxiliares na frente de lavra, área residencial e aspersão de estradas de terra batida durante os períodos seco. Está prevista a instalação de uma estação de tratamento de água (ETA) por osmose inversa para tratar a água para o consumo humano.

Drenagem e efluentes

Os efluentes gerados na mina serão maioritariamente de duas origens (Figura 4.8):

- ✓ Águas provenientes do processo produtivo na lavaria e que são encaminhadas para a barragem de rejeito com um sistema de tratamento (depuração em clarificador) e após tratamento, conduzido para o rio Tchissõe.
- ✓ Águas de escorrência superficial que atravessam toda a área mineira e que serão encaminhadas e recolhidas numa bacia de águas pluviais, posteriormente utilizada para abastecimento do circuito produtivo da lavaria;

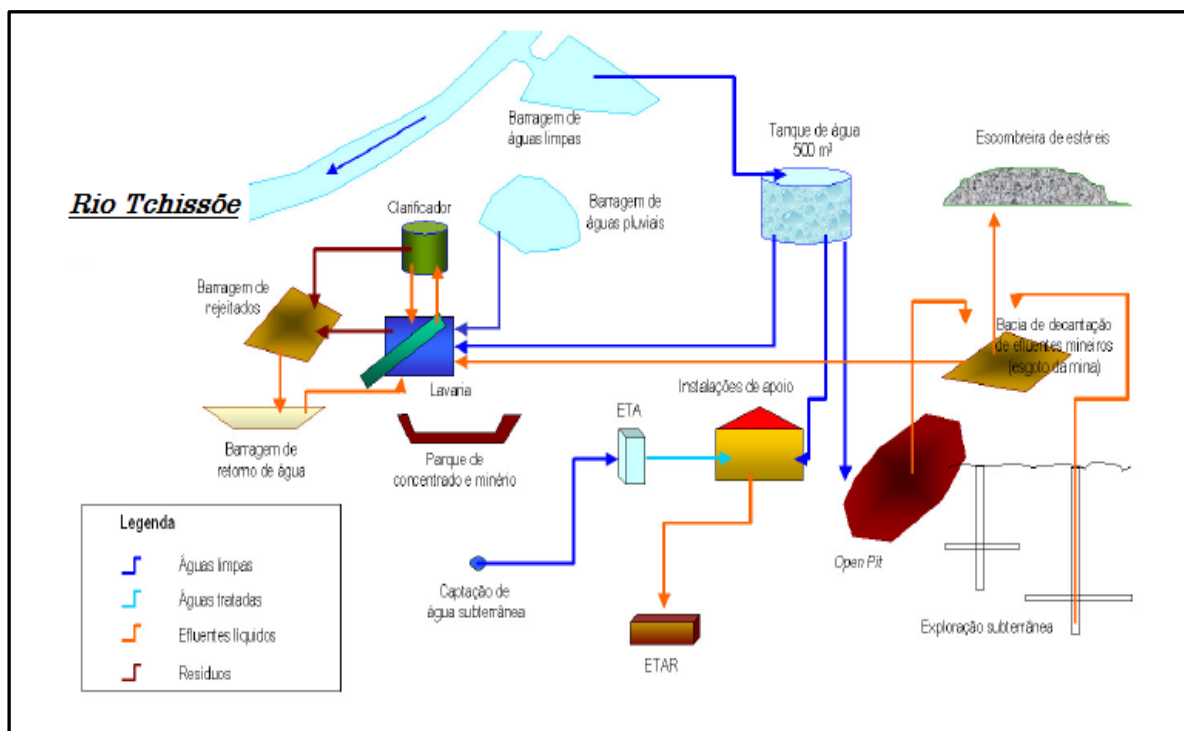


Figura 4.8 - Diagrama de utilização da água, drenagem e efluentes na jazida da Mineira
Fonte: Lafech Mining Resources, Lda (2017)

Barragem de rejeitados

O dimensionamento desta barragem prevê a sua instalação numa área vedada, nas imediações da futura lavaria para depósito dos resíduos finos provenientes do circuito produtivo de tratamento e beneficiamento do minério.

Esta estrutura geológica, será construída com material estéril grosseiro proveniente da mina, revestida com uma geomembrana de 1,5 mm de espessura composta por um polietileno de alta densidade (PEAD) de forma a impermeabilizar a bacia, minimizando-se as infiltrações no solo. Estão previstas bacias de águas, mas não serão revestidas, taludes de jusante que serão protegidos com *Rip-Rap* e a instalação de compartimentos de recolha de escorrências ao longo do perímetro da barragem. Estão previstas três (3) barragem de rejeitos, instaladas em estágios e construídas pelo método de alteamento a jusante. Cada barragem terá uma capacidade de armazenamento de 40 000 m³ com um sistema *Dewatering*, estima-se uma vida útil de até 5 anos para cada barragem.

Para a fase de encerramento e recuperação paisagística desta estrutura, o projecto prevê alguns objectivos mínimos de prevenção de acordo com as “melhores práticas” internacionais. O plano de encerramento será desenvolvido durante o tempo de vida da instalação. No entanto, a empresa já definiu alguns princípios básicos, nomeadamente:

- ✓ Baixa permeabilidade da área da piscina;
- ✓ Instalação de descarregadores de cheia, para drenagem dos taludes e da bacia;
- ✓ As geometrias do topo e dos taludes da barragem serão conseguidas durante a fase de operação. A superfície de topo ou será dividida em compartimentos mais pequenos e/ou será permitido à água drenar de uma forma controlada para a área interior da bacia de armazenamento, de onde o transbordo poderá evaporar.
- ✓ Os taludes e a bacia serão revestidos com coberto vegetal.
- ✓ As bacias de recolha das águas de escorrências da barragem irão permanecer no local.
- ✓ Todas as estruturas de superfície (bombas, condutas, linhas de energia, etc.) serão removidas.

Plano de encerramento da mina

Este instrumento será elaborado de forma paulatina e ajustada conforme as necessidades do projeto a cada etapa, no final do tempo de vida útil da mina, será então apresentado o plano de encerramento final, que dará cumprimento à regulamentação oficial de Angola, no referente à constituição de provisão para a recuperação paisagística dos terrenos, permitindo o cálculo da dotação anual de provisão.

A *Lafech* pretende que, no futuro, a terra perturbada pela mina sirva para o uso pastoril e agrícola, e a recuperação paisagística, recorrer à instalação de espécies autóctones perfeitamente integradas na flora local e regional, para permitir a resiliência da área intervencionada; e os edifícios da mina ficarão disponíveis para negócios locais e os equipamentos serão todos vendidos. Os rendimentos serão usados para a recuperação paisagística.

SGA

Com base no plano de gestão ambiental definido pelo EIA, a empresa adoptará as linhas de orientação da Norma ISO 14001 como ferramenta para a implementação de um SGA, mas não como objectivo de obter a certificação do sistema. Este, compreenderá o plano operacional de ambiente, plano de monitorização ambiental, planos de emergência específicos do ambiente e plano de formação.

A responsabilidade última do desempenho ambiental é do conselho de supervisão da empresa. Em termos organizacionais existirá uma comissão directora de ambiente, que reunirá no mínimo duas vezes por ano para avaliar a situação ambiental da empresa e preparar os planos de correcção sendo membros desta, todos os directores e o responsável de ambiente. Será desenvolvido plano de auditorias internas com periodicidade a definir e uma auditoria externa anual cujas conclusões e propostas de correcção serão submetidas à administração da *Lafech*.

4.4 Avaliação de impactes ambientais

No âmbito da AIA, a *Lafech* contratou a Sociedade de Consultoria e Gestão Ambiental, Lda. (SOCEA), entidade consultora que, com base em estudos, recolha de informação e análise de possíveis alternativas, elaborou o EIA, que teve como objectivo, identificar eventuais efeitos ambientais do projecto nos principais descritores ambientais definidos para cada fase do projecto. O estudo apresentou também um conjunto de medidas que visam minimizar e/ou compensar esses efeitos.

Importa mencionar que o período de execução do projecto de exploração da jazida da Mineira é de cerca de 6 anos, dos quais o primeiro será de implantação das infraestruturas necessárias à exploração (já instaladas até a data deste estudo) e os restantes 5 anos serão dedicados à produção propriamente dita. Assim, o EIA, considerou três (3) fases para o projecto, sendo: implantação, operação e desativação. Não foi considerada a fase de desmantelamento das infraestruturas do projecto, sob justificação do prolongamento do projecto, uma vez que se perspectivam actividades de prospecção e pesquisa para identificação de reservas a explorar nas restantes jazidas já identificadas.

Para a análise dos impactes gerados pelo projecto, o EIA definiu os seguintes parâmetros:

- ✓ Natureza: os impactes foram considerados como impactes positivos, negativos ou nulos;
- ✓ Ordem: os impactes foram classificados como impactes directos ou indirectos
- ✓ Prazo: foram considerados impactes imediatos e a médio e longo prazos;
- ✓ Duração: os impactes foram avaliados segundo o seu carácter permanente ou temporário;
- ✓ Significado: os impactes foram classificados como pouco significativos, significativos ou muito significativos.

Em síntese, apresentaremos os impactes analisados e classificados como negativos em relação aos descritores ambientais primordiais e que deverão ser monitorizados pela empresa, no entanto, esta dissertação não pretende ser um extrato fiel do EIA, e sendo este (EIA) um estudo bastante exaustivo,

selecionamos unicamente os impactes na qual a literatura determina como relevantes e que mais afetação demonstram.

A fase de implantação do empreendimento constitui o início das influências (Tabela 4.2) do empreendimento no ambiente. Proceder-se-á a construção das instalações sociais e de apoio das infraestruturas dos sistemas de abastecimento de água, da unidade de tratamento e beneficiação do minério (lavaria), da construção da barragem de rejeitados e à melhoria dos acessos até a mina.

Tabela 4.2 - Síntese de impactes da fase de implantação avaliados pelo EIA

Fase	Descritores ambientais	Potenciais impactes	Relevância
IMPLANTAÇÃO	Ar	Acumulação de poeiras;	Impactes negativos, diretos, imediatos, temporário pouco significativo;
		Aumento da concentração de material particulado na atmosfera;	
	Solo	Eliminação do coberto vegetal existente (desmatção e decapagem do solo);	Impactes negativos diretos, imediatos, temporário pouco significativo;
		Destruição da camada superficial do solo;	
	Flora e Vegetação	Alteração ou eliminação de populações vegetais com diminuição da biodiversidade da área de projecto;	Impactes negativos diretos, imediatos, temporário pouco significativo;
		Eliminação e fragmentação de habitats;	
		Alteração da vegetação pela deposição de material particulado;	
	Fauna	Eliminação e fragmentação de habitats;	Impactes negativos diretos, imediatos, temporário pouco significativo;
		Perturbação de espécies animais;	
		Mortalidade de espécies animais;	
	Paisagem	Alteração do uso do solo;	Impactes negativos, diretos e imediatos;
		Destruição da vegetação, coberto vegetal e desestruturação e contraste da paisagem;	

Adaptado de: (Sociedade de Consultoria e Gestão Ambiental, 2017)

Na fase de operação, executar-se-á a exploração a céu aberto, com o desenvolvimento das operações de desmonte, escavação do maciço rochoso e tratamento ou beneficiamento do minério. A Tabela 4.3, apresenta a descrição dos potenciais impactes ambientais negativos.

Tabela 4.3 - Síntese de impactos da fase de operação avaliados pelo EIA

Fase	Descritores ambientais	Potenciais impactos	Relevância
OPERAÇÃO	Ar	Aumento da concentração de material particulado na atmosfera;	Impactes negativos, diretos, imediatos, temporário pouco significativo;
		Libertação de gases provenientes do desmonte com explosivos, funcionamento da maquinaria e beneficiação do minério;	
	Recursos Hídricos (superficiais e subterrâneos)	Redução do caudal do rio Tchissõe a jusante da tomada de água no rio para abastecimento da mina;	Impacte negativo, directo, imediato, temporário, reversível, de alcance geográfico compreendido entre a área da mina e de magnitude variável;
		Acidificação do meio hídrico, com incremento significativo do teor de sulfatos e aumento da concentração de metais pesados;	Impacte negativo, directo, a médio e longo prazo, permanente, reversível (com a implementação de medidas de minimização), eventualmente com efeitos cumulativos (se existir mistura destas águas com águas de circulação superficial da região);
		Elevado volume de efluentes líquidos com valores diferenciados de pH, SST, sulfatos e outros parâmetros químicos, mesmo na ausência de tratamentos químicos;	Impacte negativo, directo, imediato, permanente, reversível (com a implementação de medidas de minimização), eventualmente com efeitos cumulativos (se existir mistura destas águas com águas de circulação superficial da região);
		Fugas ou galgamentos da barragem de rejeitos;	Impacte negativo, directo, de imediato (no caso de galgamento ou rotura da barragem) a longo prazo (no caso de infiltração associada a problemas na impermeabilização), temporário, reversível e minimizável;
		Lixiviação da escombreira de estéril;	Impacte negativo muito pouco significativo;
		Lixiviação do armazenamento de resíduos sólidos urbanos;	Impacte negativo, indirecto, de médio a longo prazo, permanente e minimizável;
		Acidentes e/ou incidentes com depósitos de combustível e/ou depósitos de óleos novos e usados;	Impacte negativo e muito significativo;
	Solo	Contaminação dos solos, devido a fugas ou derrames de óleos, lubrificantes e combustível;	Impactes negativos, diretos e imediatos, no entanto, temporários e reversíveis;

Fase	Descritores ambientais	Potenciais impactes	Relevância
		Contaminação dos solos por roturas na barragem de rejeitados;	Impactes negativos, directos e imediatos, temporários e reversíveis;
	Flora e Vegetação	Alteração da vegetação pela deposição de material particulado;	Impactes negativos, directos, imediatos, temporários e significativos;
		Introdução de espécies exóticas e invasoras;	
	Fauna	Perturbação de espécies animais;	Impactes negativos, directos, imediatos, temporários e significativos;
		Mortalidade de espécies animais;	
		Acumulação de substâncias tóxicas nas cadeias alimentares;	
	Paisagem	Grandes áreas escavadas, criação de lagoas, parques de minérios e escomboreiras;	Impactes negativos, directos, imediatos, temporários e significativos;

Adaptado de: (Sociedade de Consultoria e Gestão Ambiental, 2017)

A fase de desactivação da mina, será desenvolvida segundo um plano de encerramento que envolve a recuperação paisagística dos terrenos com objectivo de devolver a área o uso pastoril e agrícola original. Assim sendo, o EIA analisou e classificou os impactes desta etapa segundo as principais tarefas e as medidas de mitigação e compensação que serão implementadas, na Tabela 4.4, apresentamos um resumo dos impactes avaliados.

Tabela 4.4 - Síntese de impactes da fase de desactivação avaliados pelo EIA

Fase	Descritores ambientais	Potenciais impactes	Relevância
DESACTIVAÇÃO	Ar	Não foi descrito no EIA	<i>Idem</i>
	Solo	Recuperação após o fecho da mina	Impacte positivo, directo, imediato e permanente
	Flora e Vegetação	Alteração de populações vegetais pela deposição de material particulado	Impacte negativo moderado
		Introdução de espécies exóticas e invasoras	
		Restauração e regeneração do coberto vegetal	Impacte positivo, directo, imediato e permanente
	Fauna	Perturbação e morte de espécies animais	Impacte negativo significativo
		Atracção de espécies animais	Impacte positivo significativo, directo, a médio prazo

Adaptado de: (Sociedade de Consultoria e Gestão Ambiental, 2017)

Para o descritor do ambiente sonoro, o EIA apresenta uma classificação generalizada das três fases descritas anteriormente. Do ponto de vista deste descritor, os impactes serão negativos, pouco significativos, directos, temporários (ocorrendo apenas durante a laboração da mina) e reversíveis (com o encerramento e recuperação da área de exploração).

Foram também analisados os impactes para o descritor socioeconómico, que segundo EIA, o empreendimento se traduzirá em impactes socioeconómicos positivos para o município do Chipindo. Prevê-se um aumento de postos de emprego para as populações locais e outras vindas de outras regiões do país, assim, pressupõe-se que haverá dinamização da economia local e a procura de bens alimentares e alojamentos vai estimular a oferta, uma vez que no município não existem alojamentos nem estabelecimentos comerciais. A procura vai também maximizar a produção de alimentos em lavras criadas pelas famílias dos trabalhadores.

Em suma, considerou-se que o projecto não irá perturbar o quotidiano das populações ou dos utentes das vias de comunicação; será geradora de benefícios significativos para o emprego, dinamização do sector da construção civil e de fabrico; comercialização de máquinas e equipamentos, neste caso de âmbito regional, nacional e internacional.

5 Resultados e Discussão

5.1 Fluxos de materiais

Na generalidade as operações do sector aurífero são semelhantes, entretanto, a influência que este sector impõe ao ambiente tende a variar a cada projecto. Assim sendo, devem estar perfeitamente identificadas as fases de cada empreendimento, as operações, os *inputs* e *outputs* do processo.

Para o projecto apresentado pela operadora LAFECH, a falta de peças desenhadas do desenvolvimento das operações suscitou algumas dúvidas. Assim, com base nos dados fornecidos elaborou-se o fluxograma do processo produtivo (ver Figura 5.1).

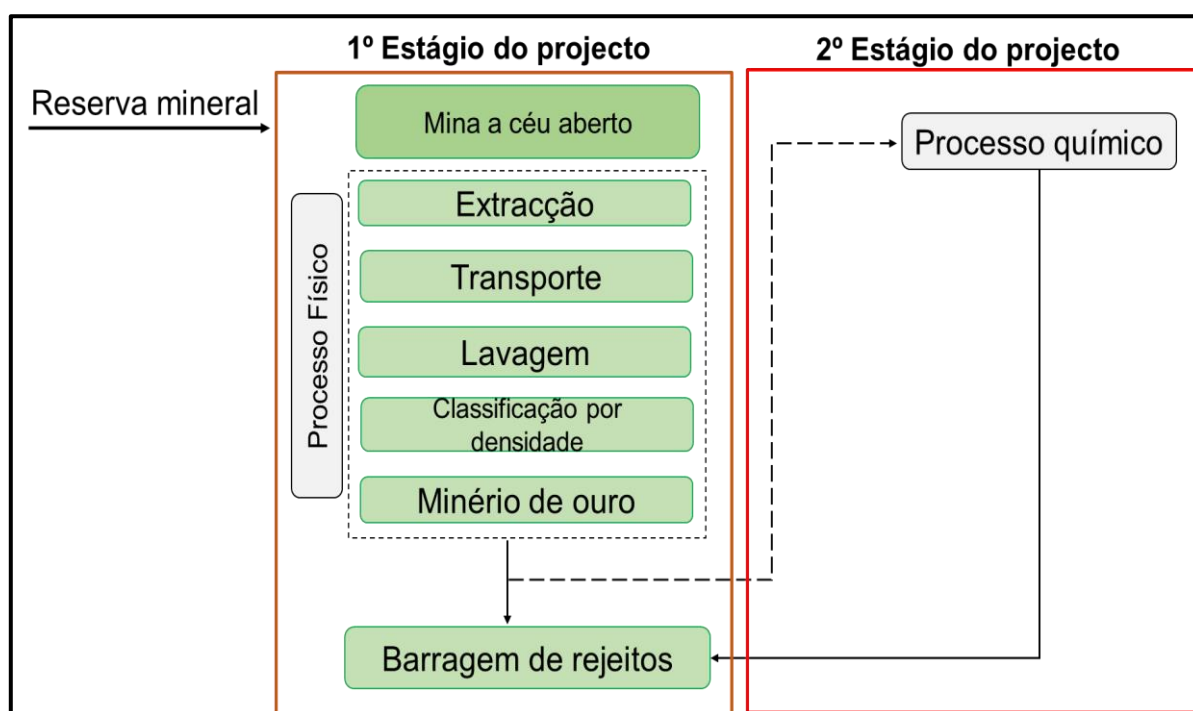


Figura 5.1 - Fluxograma geral do processo produtivo da mina de Chipindo nos dois estágios previstos

Para o segundo estágio do projecto não foi possível determinar o processo químico a ser implementado. A empresa não descreve como deverá executar esse processo, logo, não foi possível avaliar a influência desta fase do projecto no ambiente. No entanto, o (International Cyanide Management Institute, 2002) enuncia o cianeto como o principal reagente pela indústria mineira de produção de ouro.

Os principais impactes resultantes das operações com uso do cianeto estão relacionados as barragens de rejeitos e o encerramento a longo prazo da mina. As várias formas de cianeto e as concentrações devem ser motivo de controle permanente e devem estar em conformidade com o código de boas práticas de uso de cianeto. A *International Cyanide Management Code* impôs, desde 2002, um limite de descarga de cianeto associado aos cianocomplexos de zinco, níquel e 2/3 do cianocomplexo de cobre de até 50 mg/L nas soluções enviadas para as barragens de rejeitos.

De acordo com Ciminelli (2002) citado por (Riani, Pina, & Leão, 2007) a necessidade de reduzir os impactes ambientais do cianeto tem motivado o estudo de métodos já dentro das próprias usinas produtoras. Além das alternativas envolvendo destruição, uma outra opção é a reciclagem. Nessa última, alia-se a vantagem da redução da concentração de cianeto nos efluentes com a redução dos custos de compra do agente lixiviante (o cianeto é o reagente de maior custo no processo de cianetação). Actualmente, a reciclagem de cianeto tem sido limitada ao processamento de minérios que apresentam elevado consumo de cianeto (minérios contendo prata e cobre), mas apresenta-se bastante vantajosa em minérios de outras tipologias.

A fase da lavaria foi a que mereceu uma avaliação mais pormenorizada, principalmente pela falta de dados quantificados de água a ser gasta e armazenada; quantidade, características, transporte, armazenamento e tratamento dos resíduos (lamas e material estéril) gerados; plano de construção e operação de estruturas como a barragem de rejeitados.

Ao longo da análise dos dados do projecto sentiu-se a necessidade de elaborar um fluxograma do processo produtivo com objectivo de elucidar a interação dos stocks de matérias-primas, nomeadamente de água; processamento do minério e as principais operações consoante dados de projecto, reuniões com a operadora e análise do EIA (Figura 5.2).

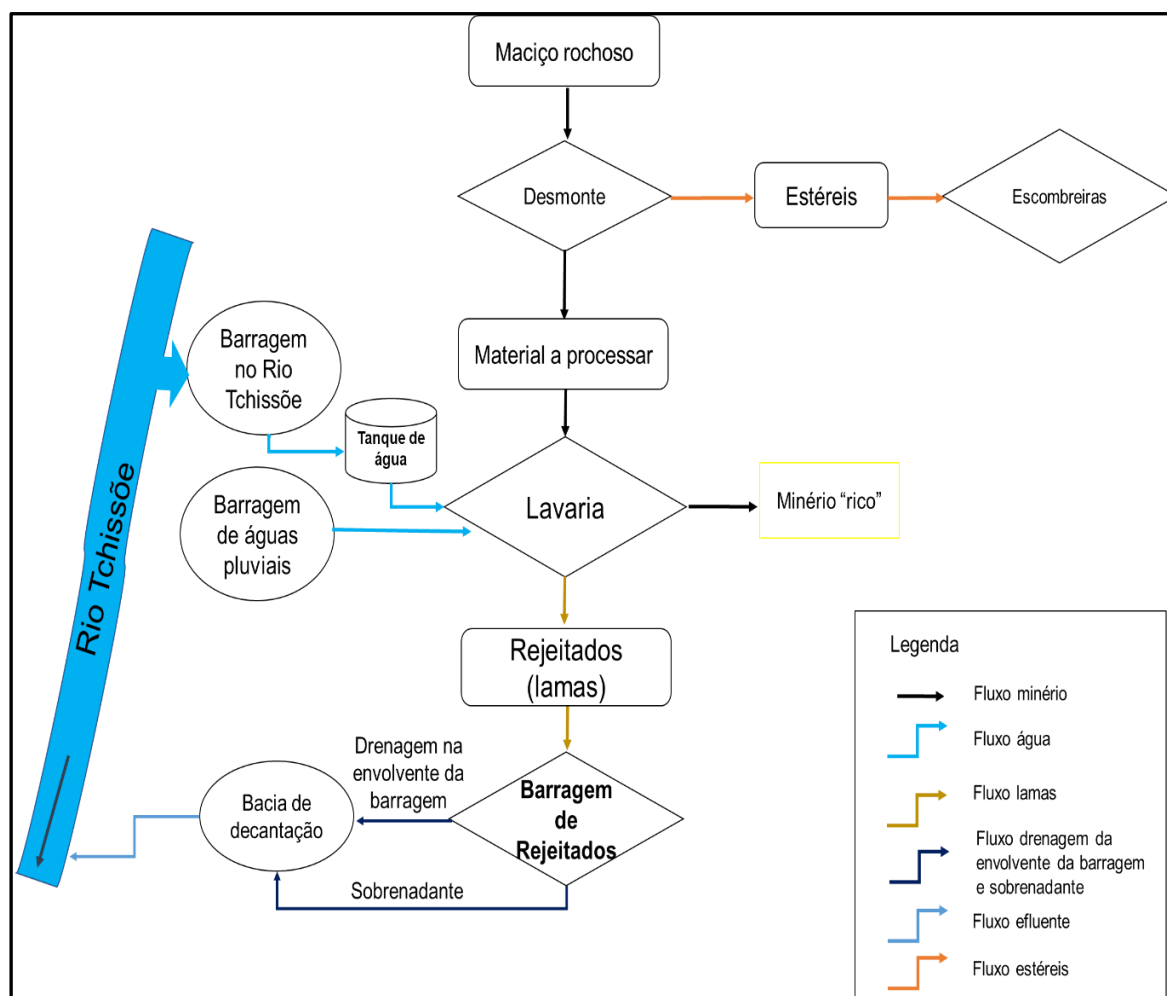


Figura 5.2 - Fluxograma dos principais inputs e outputs segundo dados de projecto

De destacar que este fluxograma é reflexo da intersecção da informação prestada pela operadora com as informações do plano de exploração e EIA. A falta de clareza das informações podem condicionar o princípio adoptado.

5.2 Recursos hídricos

A necessidade hídrica é um dos principais critérios em mineração podendo condicionar a lavra e inviabilizar um empreendimento mineiro. Por esse motivo é absolutamente necessário adequar a operação e a sua interação com a água. A preocupação com o abastecimento de água para as operações, leva a que se adequa primeiro a origem da água e segundo os problemas de poluição a que este descritor ambiental passa a estar sujeito.

De formas a perceber as condicionantes deste projecto nos recursos hídricos foi elaborada uma análise quantitativa por estimativas dos principais fluxos. Para tal, foram considerados os pormenores técnicos definidos pela empresa operadora, os impactes, as medidas de mitigação e compensação descritos pelo EIA.

Inicialmente foi necessário estimar o volume total de água para as actividades e a capacidade de escoamento do rio Tchissõe. Uma vez que estes dados não constam dos documentos analisados e o EIA faz referência do impacte do projecto no caudal do rio Tchissõe, julgou-se imprescindível analisar o referido impacte ambiental.

A operadora definiu dois estágios de desenvolvimento do projecto, a partir de cenários avaliou-se as alternativas. Num primeiro estágio são necessários $35 \text{ m}^3/\text{h}$, prevendo que a lavaria opere em dois turnos de 8 horas cada e 5 dias por semana. Com a previsão de aumento gradual na produção, chegar-se-á ao segundo estágio, onde se perspectiva a operação em três turnos de 8 horas cada, 7 dias por semana e com necessidades em torno dos $100 \text{ m}^3/\text{h}$. Assim sendo, serão captados diariamente 560 m^3 e $2\,400 \text{ m}^3$, respetivamente, para os dois estágios.

Para o fornecimento de água, é fundamental que se considere a distribuição das necessidades para as operações, instalações, rega e controle de poeiras, devendo para tal ser dimensionado de maneiras a que não comprometa a exploração. A empresa considerou para os dois estágios do empreendimento que 80% da água captada servirá a lavaria e tratamento do minério e os restantes 20% para as instalações auxiliares. Assim sendo, para a lavagem do minério serão gastos: $448 \text{ m}^3/\text{dia}$ no primeiro estágio e $1\,920 \text{ m}^3/\text{dia}$ no segundo estágio.

Para efeitos de melhor estimativa, este trabalho considerou outras distribuições, nomeadamente:

- ✓ 70% da água captada servirá exclusivamente para lavaria e beneficiamento do minério;
- ✓ 10% para uso das instalações auxiliares;
- ✓ 10% para rega e para controle de geração de poeira e os restantes;
- ✓ 10% considerados perdas e/ou desperdícios;

A Tabela 5.1 expressa os resultados obtidos para os cenários elaborados no âmbito desta dissertação. No entanto, se a operadora vier a considerar o percentual de distribuições aqui apresentada, obterá necessidades na ordem dos 24.5 m³/h e 70 m³/h para os respetivos estágios.

Tabela 5.1 - Estimativa das necessidades hídricas para o empreendimento da Mineira

		Volume de água captada				
		m ³ /h	h/dia	m ³ /dia	m ³ /mês	m ³ /ano
	1º Estágio	35	16	560	12 320	147 840
	2º Estágio	100	24	2 400	73 200	878 400
		Volume de água para Lavaria (80% da captação)				
1º Cenário	1º Estágio	28	16	448	9 856	118 272
	2º Estágio	80	24	1 920	58 560	702 720
		Volume de água para Lavaria (70% da captação)				
	1º Estágio	24,5	16	392	8 624	103 488
2º Cenário	2º Estágio	70	24	1 680	51 240	614 880

O EIA prevê um impacte ambiental negativo, temporário e reversível no caudal do rio Tchissõe, a jusante da tomada de água para abastecimento da mina, com alcance geográfico compreendido a área da mina. Considerar a redução de caudal – impacte negativo – representa uma mais valia, no entanto, o EIA não demonstra a disponibilidade futura deste curso de água, nem a real influência das barragens a serem construídas. Estão previstas duas barragens, uma que recolherá água directamente do rio Tchissõe e uma outra que reterá águas de escoamento superficial.

Com objectivo de demonstrar o impacte nos recursos hídricos, estimou-se a disponibilidade do rio Tchissõe com recurso aos dados pluviométricos dos registos meteorológicos de Angola de 1975. A estação seleccionada para obtenção dos dados foi a do município da Jamba. A proximidade entre os municípios de Chipindo e Jamba foi o critério de selecção.

Foi necessário estimar a área da bacia correspondente a secção do rio Tchissõe e assumir coeficientes de escoamento para os cálculos. A partir dos valores médios mensais de precipitação, obtivemos o volume de precipitação total que contribui para o escoamento do rio Tchissõe. A Tabela 5.2 apresenta os resultados obtidos.

Importa referir que existe défice de dados pluviométricos para Angola. Para algumas estações os dados estão condicionados a séries bastante reduzidas e mesmo quando as séries são mais longas, na maioria das vezes há falhas de dados em quase todos os anos.

Os dados extraídos dos registos da estação da Jamba apresentam muitas condicionantes, nomeadamente, registos de precipitação anuais baixos devido a falha de recolha de dados e série bastante reduzida, não sendo suficiente para se fazer afirmações hidrológicas.

O objectivo de usar os dados nas condições mencionadas anteriormente é de demonstrar a importância do conhecimento hidrológico para avaliação da disponibilidade dos recursos hídricos e a influência de projectos mineiros neste descritor ambiental.

Tabela 5.2 - Estimativa da disponibilidade do rio Tchissõe

Rio Tchissõe		Secção da Ponte LAFECH		Escoamento		Necessidades hídrica do projecto	Disponibilidade do rio
Meses	mm	Área da bacia km ²	Coef. esc.	m ³ /mês	m ³ /mês	m ³ /mês	m ³ /mês
Janeiro	196,6	130	0,2	5 094 240	73 200		5 021 040
Fevereiro	155,6		0,2	4 032 634	73 200		3 959 434
Março	201,8		0,2	5 228 992	73 200		5 155 792
Abril	71,5		0,2	1 853 275	73 200		1 780 075
Maio	5,3		0,16	110 220	73 200		37 020
Junho	0,0		0,16	0	73 200		-73 200
Julho	0,0		0,16	0	73 200		-73 200
Agosto	0,0		0,16	0	73 200		-73 200
Setembro	0,9		0,16	18 312	73 200		-54 888
Outubro	49,2		0,18	1 148 245	73 200		1 075 045
Novembro	82,6		0,2	2 141 352	73 200		2 068 152
Dezembro	154,6		0,2	4 005 856	73 200		3 932 656
Total				23 633 127	878 400		4%

Segundo as estimativas, apenas 4% do escoamento total do rio servirão para o aprovisionamento do projecto. Este valor é ilusório se ignorarmos os resultados obtidos para os meses de junho, julho e agosto. A não consideração de necessidades hídricas simultâneas (e.g.: capitação *per capita*, evapotranspiração potencial, agricultura) pode influenciar este resultado.

Outra avaliação que pode ainda ser feita é verificar os resultados para os meses de transição entre época chuvosa e época seca. Os resultados nos meses de maio e setembro estão sujeitos a valores mais reduzido para os anos mais secos.

É evidente que existem anos menos chuvosos e nestes o efeito no escoamento do rio é maior. Quanto menos precipitação se registar mais susceptível está o rio Tchissõe. Ao longo dos anos o comportamento da precipitação é variável e este deve-se a diversos factores. Uma demonstração da série de dados utilizada serve para ajudar a compreender a variabilidade a que este parâmetro está sujeito (ver Figura 5.3)

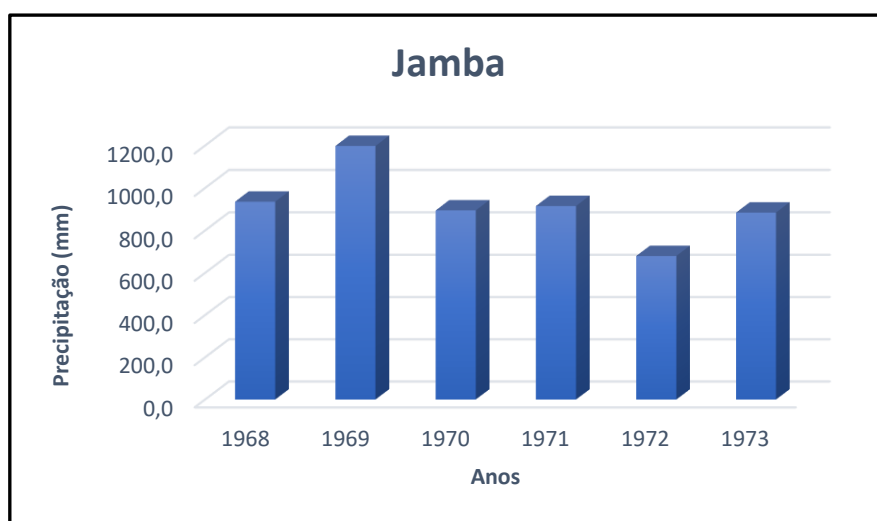


Figura 5.3 - Demonstração da variação da precipitação ao longo da série de anos
Adaptado de: (Serviços Meteorológicos de Angola, 1975)

Para que se possa garantir o caudal ecológico do rio e mitigar o impacto no caudal do rio, o projecto prevê a instalação de uma barragem para armazenar água ao longo dos meses chuvosos e assim suprir o défice nos meses em que não se regista precipitação.

Os aspectos relacionados com a barragem de águas pluviais não são apresentados nem pelo plano de exploração nem pelo EIA, logo, julgou-se conveniente estimar a capacidade da albufeira e identificar os aspectos que contribuem para o impacto desta estrutura no ambiente.

Usou – se o critério de dimensionamento da capacidade útil das albufeiras em função das necessidades e expectativas de afluência. O princípio deste cálculo é igual em Portugal e Angola. Em síntese, a capacidade da albufeira deverá ser aquela que satisfaça a necessidade a que esta se destina com uma garantia de 100% para ano médio.

A capacidade de armazenamento deverá ser o dobro do défice total de precipitação conforme podemos verificar na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Cálculo da capacidade da albufeira do projecto

	Necessidades hídrica do projecto	Capacidade albufeira
Meses	m³/mês	m³
Junho	73 200	
Julho	73 200	
Agosto	73 200	
Setembro	73 200	
Total	292 800	585 600

É expectável que a construção uma barragem que segundo as estimativas aqui apresentadas deverá armazenar 585 600 m³, traga um contributo directo na redução de água captada directamente do rio Tchissõe. Entretanto, a localização e os níveis de operação (nível máximo de cheias e nível mínimo de exploração), que não são apresentadas em projecto, são determinantes no impacto que esta estrutura pode impor ao ambiente local.

Amostras recolhidas e resultados

A partir de análises laboratoriais das amostras de água recolhidas durante o trabalho de campo, num dos pontos de captação de água, a jusante da área onde será implantada a mina determinou-se que a água do rio Tchissõe é neutra, com pH de 6.

A determinação do pH, foi considerada primordial por constituir um parâmetro a ser analisado periodicamente durante a monitorização dos aspectos capazes de gerar impactes ambientais ao longo do tempo útil do projecto.

5.3 Impactes no território

Dos impactes negativos registados pela construção de barragens destacam-se: a desmatção e submersão de grandes áreas, o que constitui uma perda directa de áreas de cultivo, habitats, flora e

fauna; efeito de barreira física ao transporte sedimentar no curso dos rios até ao mar, assoreando as albufeiras; deterioração da qualidade das águas nas albufeiras e eutrofização das mesmas, uma vez que as albufeiras recebem o escoamento das águas da adjacência de actividades agrícolas, industriais e efluentes, entre outros, os quais conduzem a uma elevada produtividade biológica de eutrofização da água (Arvela, 2013).

As alternativas de localização, construção e operação das estruturas de armazenamento e distribuição de água na mina da Mineira no Chipindo vão ditar a magnitude e significância do impacte. Se por um lado a operadora deve buscar alternativas de abastecimento de água para a lavaria com objectivo do não comprometimento do rio Tchissõe por outro lado deve ter em atenção as condicionantes das estruturas de aprovisionamento de água para a operação.

Apesar da delicada consistência da avaliação dos impactes o EIA recomenda:

- ✓ O uso de água deverá ser em circuito fechado;
- ✓ Em épocas de reduzido caudal deve-se evitar a extracção de água do rio Tchissõe, substituindo-as por outras origens de água. Caso tal não seja de todo possível, dever-se-ão diminuir os volumes de água extraídos;
- ✓ Em épocas de estiagem em que o caudal do rio Tchissõe seja manifestamente reduzido e desde que o volume de água armazenado na barragem se encontre acima de uma dada percentagem (e.g.: 75% do volume útil de armazenamento de água), deverá a barragem descarregar um caudal de 36 m³/h para minimizar os efeitos da falta de água no rio Tchissõe;
- ✓ Sempre que possível dever-se-á privilegiar a construção de infraestruturas de apoio amovíveis.

5.4 Resíduos

5.4.1 Escombreyras

A necessidade de armazenamento dos resíduos em mineração obriga que sejam criadas estruturas adequadas, tendo em conta as quantidades e características dos resíduos a armazenar. De acordo com Kossoff et al., (2014); Laurence et al., (2011) citado por (Burritt & Christ, 2018), em seu estudo sobre risco hídrico na mineração, enquanto analisava a falha da barragem da Samarco, no Brasil, referiu que, os resíduos provenientes da mineração, rondam as toneladas por dia, sendo que para cada 200 toneladas de minério processado há, em média, 199 toneladas de rejeitos produzidos, isso pressupõe que 99.5 % do material processado se converte em rejeitado, logo, se partimos deste princípio, a primeira mina de ouro em Angola, poderá gerar aproximadamente 796 toneladas por dia de resíduos, entre material estéril e lamas conforme Tabela 5.4

Tabela 5.4 - Estimativa de resíduos gerados na mina

Material processado	Material convertido em rejeito	Material rejeitado
(t/dia)	(%)	(t/dia)
800	99.5	796
(t/ano)	(%)	(t/ano)
292 000	99.5	290 540

O resultado apresentado é, no entanto, muito genérico. Não é possível saber as características dos resíduos segundo as operações do processo. A literatura enuncia vários resíduos gerados em explorações mineiras e determina que para cada um seja dado o devido tratamento.

Foram assumidos alguns pressupostos para a elaboração de alguns cenários. O pressuposto principal é a distribuição em percentual dos resíduos gerando fase ao material processado (800 t/dia), ou seja, 50% do material desmontado será material estéril e os restantes 50% é material misturado com água (lamas), provenientes da lavaria (dados correspondentes ao 2º estágio do 2º cenário da Tabela 5.1). Após distribuição adoptou-se a referência de (Burritt & Christ, 2018), passando a considerar 99.5 % do material processado na lavaria geram lamas residuais (Figura 5.4).

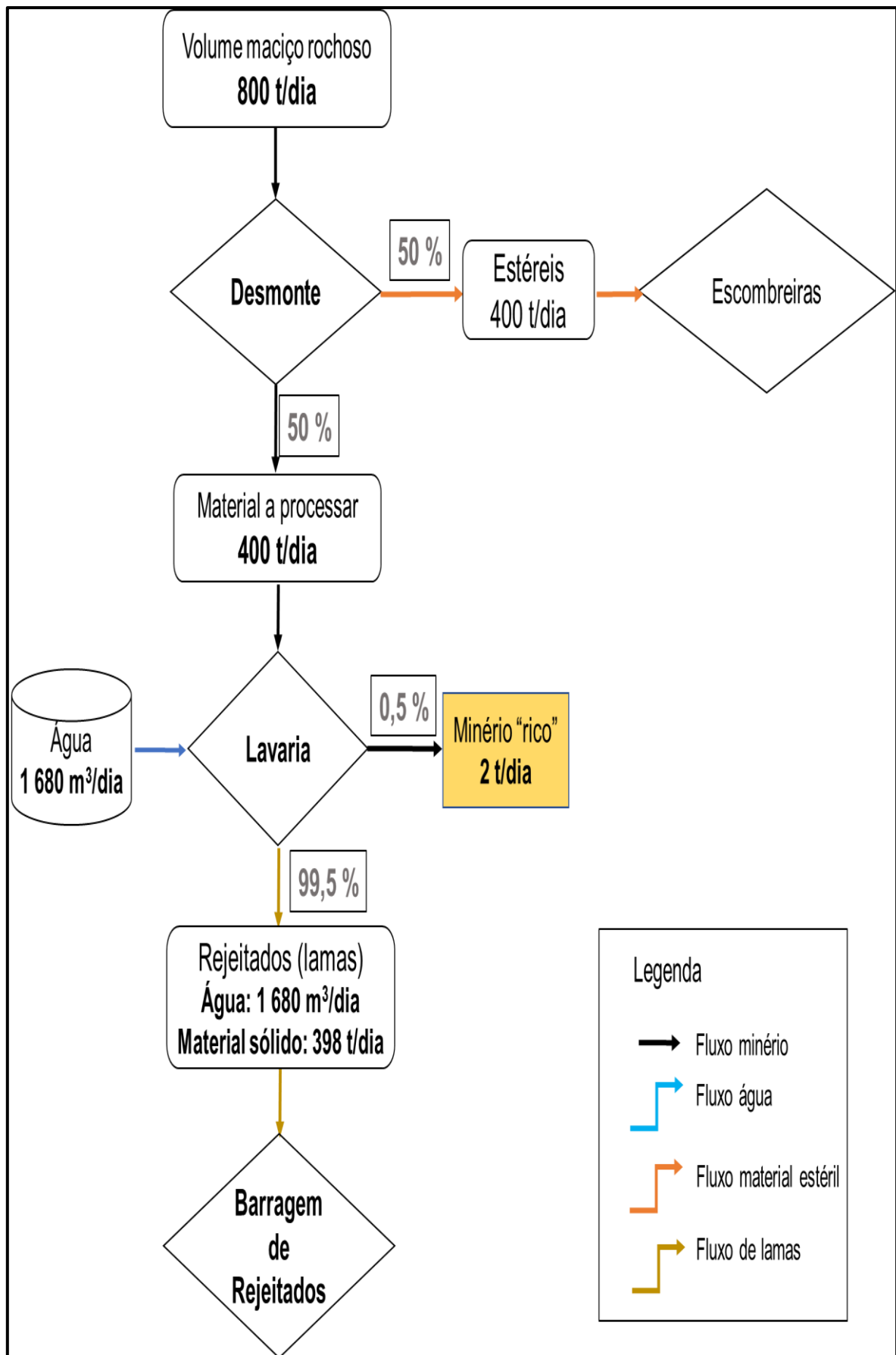


Figura 5.4 - Esquematização dos pressupostos admitidos mediante processo produtivo

Da separação minério/estéril será gerado material mais grosseiro que será depositado em pilhas (escombreiras). Entretanto, a operadora só considera a existência de escombreiras no segundo estágio do projecto. Assim sendo, elaborou-se dois cenários para a análise dos aspectos relacionados as escombreiras:

- ✓ O primeiro cenário prevê uma operação com requalificação paisagística, conservando o material estéril por um período não superior a um ano e reutilizado para o enchimento de cavas na frente de lavra durante a fase de operação.
- ✓ O segundo cenário não prevê a recuperação paisagística da mina durante a fase de operação, depositando o material em pilha.

A construção de escombreiras tem uma estrita relação com disponibilidade de área para o armazenamento dos estéreis. O EIA prevê que cada pilha tenha uma altura máxima de 5 m, com ângulos de inclinação de 45 ° e de formas a ser contornada para melhor integração no ambiente natural e deverá ser estabilizado com vegetação.

Os cenários apresentados na Tabela 5.5, foram baseados nos critérios de recomendação do EIA. Foram feitas algumas pressuposições, especificamente para:

- ✓ Distância entre as pilhas, nos dois cenários mantém constante;
- ✓ Densidade do material, constante nos dois cenários, e
- ✓ A reutilização do material será feita apenas com 60% do material estéril.

A seguir apresentamos para os cenários elaborados o cálculo estimado da área para armazenar as pilhas:

Tabela 5.5 - Estimativa da área ocupada pelas escombreiras

	1º Cenário	2º Cenário
Distância entre pilhas (m)	10	10
Densidade do material (g/cm ³)	1,9	1,9
Volume de estéril (m ³ /dia)	84,2	210,5
Área total escombreira (m ² /dia)	43,68	94,21
Área ocupada por ano (ha/ano)	1,6	3,4

Quanto maior o volume de material estéril armazenar maior será a área útil ocupada pelas escombreiras. Por este motivo, faz todo sentido reutilizar o material estéril desde o início das operações do empreendimento.

Não havendo reutilização do material estéril ao fim de 5 anos aproximadamente 17 ha da área de exploração estarão cobertas com pilhas de material estéril. Além de representar uma área bastante extensa as escombreiras impõem ao ambiente impactes diversos.

Além do risco de derrocada, do impacto visual, a paisagem deverá também ser alterada; o uso do solo ficará comprometido, uma vez que se desconhecem as características destes estéreis. A ocorrência de lixiviação poderá ser o impacto com maior significância.

5.4.2 Barragem de rejeitados

Em relação a barragem de rejeitado existem alguns aspectos fundamentais. O primeiro prende-se com a localização, o segundo com a construção e operação, o terceiro com as características do resíduo a armazenar e o último com o tempo de vida. Estes aspectos devem estar devidamente identificados e descritos em documentos específicos segundo os critérios de dimensionados.

De acordo com a operadora a barragem de rejeitados já está construída. Foi implantada na transversal do rio Tchissõe, a jusante da planta do processamento mineral. As dimensões foram alteradas de 40 000 m³ para 50 000 m³ (barragem com a dimensão de 100X50X10). O rejeito será directamente depositado através de uma calha em um tanque. Estão previstas três barragens construídas de forma faseada, pelo método de alteamento para jusante, com uma vida útil estimada em 5 anos e uma taxa de crescimento de 3 metros por ano.¹

A determinação do local para instalação da barragem é fundamental. É um factor que vai determinar a influência da estrutura no ambiente. Inicialmente considerou-se a hipótese de demonstrar o desenvolvimento deste projecto sem barragem de rejeitado, justificado principalmente pela falta de dados e por ser uma prática que de todo causaria vários impactes principalmente aos recursos hídricos superficiais. Mas, uma vez que a barragem já está construída o objectivo da análise prende-se agora com as características do material e a capacidade de armazenamento da barragem.

O EIA refere que os efeitos no ambiente resultam principalmente do elevado volume de efluentes de características diferentes e desconhecidas. Assumindo que mesmo na ausência de processos químicos são previstos valores diferenciados de pH, SST, sulfatos e outros parâmetros químicos.

Com base nos pressupostos assumidos anteriormente (ver Figura 5.4), procedeu-se a avaliação do aspecto da lama proveniente da lavaria. O aspecto da lama é um pormenor técnico que não está claro nos instrumentos analisados, enquanto o plano de exploração descreve uma lama mais aquosa conclusão a que chegou com a instalação de uma lavaria piloto, o EIA informa que a lama será espessa.

A falta de concordância nas informações levou a que estimasse a concentração da lama e consideradas algumas hipóteses diferentes. A relação entre a quantidade de material e o volume de água processado na lavaria constituintes das lamas encaminhadas para a barragem são apresentados os resultados na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 – Cálculo do volume e concentração da lama

Quantidade material sólido	Volume de água	Densidade lama estimada	Volume lamas	Concentração lama
t/dia	m ³ /dia	g/cm ³	m ³ /dia	g/L
398	1 680	1,4	557,2	237
t/ano			m ³ /ano	
145 668			203 935	

¹ Esta informação foi cedida na véspera de conclusão desta dissertação.

Os resultados obtidos revelam um volume de lamas diário de aproximadamente 560 m³ com uma concentração na ordem dos 237 g/L. Uma lama com esta característica é uma lama bastante espessa que impõe um mecanismo de transporte com equipamentos hidráulicos.

Ao armazenar um material em lama sem qualquer tipo de tratamento, as três barragens previstas não terão capacidade suficiente para armazenar 203 935 m³/ano. Ao final do primeiro ano de exploração as três barragens deverão estar completamente cheias. Nem com recurso a filtração, conforme pretende implementar a empresa se conseguirá evitar o assoreamento da barragem.

Outra hipótese que podemos elaborar é aceitar a informação da operadora. Porém uma lama mais aquosa significa claramente que o volume de água presente na mistura é maior. Logo, um volume maior implica aumentar as necessidades hídricas do projecto.

Assim, elaborou-se uma última hipótese de projecto com necessidades hídricas para lavaria em torno de 200 m³/h. A lama aquosa que se obtém (concentração de aproximadamente 83 g/L) permite uma melhor separação de fases. Um fluxo sobrenadante é gerado em consequência da decantação das partículas.

A preocupação em todas as hipóteses elaboradas está na capacidade e no tempo de vida das barragens; e na falta de conhecimento dos parâmetros químicos das lamas. Para a hipótese de uma lama aquosa, apesar da concentração ser menor, o volume de lamas mantém-se. A diferença nesta hipótese está na possibilidade de a lama passar por um processo de filtração seguido de um período de decantação em uma bacia específica. Podendo em seguida ser descartada ou utilizada em circuito fechado.

Uma barragem que atinja a sua capacidade de armazenamento antes do previsto, obriga o seu encerramento ou a descarga em uma linha de água. A descarga de efluentes sem tratamentos compromete bastante a qualidade dos recursos hídricos, causando poluição difusa que se alastra a jusante da linha.

5.4.3 Drenagem da mina

A filosofia do projecto prevê a instalação de um sistema de drenagem de águas pluviais com objectivo de desviar as afluências naturais de águas pluviais da barragem de rejeitados. Para a recolha das águas são propostos uma rede de canais de betão para drenagem por gravidade terminando em emissários que descarregam em terreno aberto ou em cursos de água. Não está previsto que sejam necessárias instalações de recolha nem a recirculação desta água.

A drenagem da mina não deve ser confundida com a drenagem na envolvente da barragem de rejeitado. De acordo com as informações da empresa operadora está previsto apenas a drenagem na envolvente da barragem de rejeitado.

Esta medida é obrigatória internacionalmente. Quando a mesma não se observa a barragem de rejeitados está sujeita a receber volumes de água provenientes de período longos de quedas pluviométricas.

A falta de drenagem ao longo da mina favorece a formação de drenagens ácidas. Roque (2009) apresenta as drenagens ácidas como resultado principalmente da lixiviação dos resíduos sólidos depositados à superfície, em condições oxidantes por parte das águas pluviais e por inundação de cavidades (cortas e galerias subterrâneas).

A falta de conhecimento das características geoquímicas da rocha e dos solos na zona de exploração associada a existência de escombrelas são aspectos suficientes para prever a drenagem da mina. Um pH baixo e/ou a poluição do solo e do lençol freático em mineração é regularmente associado ao surgimento de drenagens ácidas.

5.5 Encerramento da mina

É intenção da empresa repor o uso agrícola do solo após o encerramento da mina. Mas o risco de poluição dos solos constitui uma preocupação ao longo das fases do processo produtivo.

O encerramento de uma mina é realizado com base num plano sequencial de tarefas. Diversas medidas que permitem a recuperação de áreas mineiras devem ser garantidas logo no início das operações. A melhor solução para usos futuros de solos depende substancialmente da gestão ambiental e da monitorização dos impactos desta actividade.

Considerar a agricultura para uso futuro dos solos num contexto onde muitos aspectos ambientais não foram suficientemente analisados e a acção de processo químico não está estudada pode causar graves consequências ao ambiente e a saúde humana.

Segundo Lottermoser (2003) citado por (Roque, 2009), os resíduos resultantes de processos químicos com uso de cianetos pode causar problemas de poluição nas águas, nos solos e nos sedimentos e entrar na cadeia alimentar dos organismos vivos.

6 Recomendações

6.1 Procedimentos gerais

As recomendações elaboradas no âmbito do EIA buscam soluções sustentáveis e devem ser executadas sempre que não interferirem com os objectivos de gestão ambiental. A maior vantagem deste projecto é ter a capacidade de adoptar outras recomendações, principalmente, por se mostrar oportuno e antes do início da operação.

Os procedimentos gerais para o licenciamento ambiental de projectos mineiro deve estar estruturada e ser detalhada, para possibilitar um melhor entendimento do projecto e das consequências ambientais. A Tabela 6.1 apresenta algumas recomendações que visam contribuir para a estruturação do processo de licenciamento de projectos mineiros.

Tabela 6.1 - Recomendações gerais para o sector mineiro em Angola

Procedimentos gerais à nível nacional
Revisão dos termos de referência para elaboração de estudo de impacte ambiental de projectos de mineração elaborados e distribuídos pelo Ministério do Ambiente para melhor adequação das características do sector mineiro.
O procedimento adequado para obter o licenciamento de projectos mineiros deverá respeitar os princípios de construção, operação e encerramento das principais estruturas que compõe o processo produtivo.
Em observância a legislação nacional em vigor, a participação publica deve ser sempre garantida.
As infraestruturas como estações de tratamentos, tubagens e valas de drenagem devem ser instaladas antes do início das operações.
Após a identificação adequada e descrição dos impactes, o EIA deverá indicar detalhadamente as medidas de minimização destes impactes, nomeadamente: <ul style="list-style-type: none">• Medidas a aplicar para reduzir, as emissões de ruído e de poeiras;• Medidas a aplicar para evitar a poluição das águas superficiais e subterrâneas;• Cuidados a ter com a localização dos depósitos de resíduos;
Identificação da necessidade ou não da instalação de sistemas de monitorização.
O plano de recuperação paisagística a elaborar, deverá ter em consideração o plano de lavra aprovado.
Reposição das redes hidrométricas e pluviométricas do país.

6.2 Mina de Chipindo

6.2.1 Medidas técnicas

As especificações técnicas de um projecto são fundamentais e devem obedecer requisitos chaves. Quando estes requisitos não estão previstos na legislação em vigor, devem ser tidos em conta com base na literatura internacional. Assim sendo, recomenda-se adopção de algumas medidas apresentadas na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 - Recomendações técnicas para o projecto mineiro de Chipindo

Recomendações Técnicas
Separação dos rejeitados, em areias e em lamas, sendo apenas as areias usadas como material de construção.
Instalação de drenos e de filtros internos, de modo a prevenir fugas e a baixar o nível freático no interior dos taludes de areia.
Protecção de superfícies erodíveis com vegetação, com materiais grosseiros ou mesmo com blocos de estéril.
Apresentação dos métodos de construção e estabilização das escombreyras e da barragem de rejeitados, equacionando os seguintes aspectos: <ul style="list-style-type: none">• características da área (inclinação dos taludes dos depósitos) e do material estéril (fundamentalmente a granulometria);• Área total ocupada e análise de risco de perda de funcionalidade dos depósitos;• Factores que causam instabilidade de depósitos;• Condições de circulação de água superficial ou de aquíferos;
Utilização de sistemas de circuito fechado, isto é, a água usada passa através de lagoas de sedimentação e posteriormente tratada, o que resulta em menores consumos de água limpa no processo.

6.2.2 Medidas de gestão

As medidas de gestão ambiental para o projecto mineiro de Chipindo visam contrariar os potenciais efeitos negativos, a curto e longo prazo, com adopção progressiva de estratégias de sustentabilidade (ver Tabela 6.3).

Tabela 6.3 - Medidas de gestão ambiental para o projecto mineiro de Chipindo

Medidas de gestão ambiental
Promover a gestão racional e eficiente de recursos, com particular atenção para a redução do consumo de água.
Introdução de uma via húmida nos taludes (rega por aspersão), nas zonas de acumulação de solos e escombreyras, vias de circulação em terra batida para evitar o levantamento das poeiras, principalmente em tempo seco quando o levantamento de poeiras é mais significativo.
Efectuar periodicamente a monitorização dos níveis de empoeiramento na zona de exploração e envolvente à mesma, cuja periodicidade estará relacionada com as actividades e épocas do ano mais seco.
Redução e controlo das emissões de gases e partículas pela correcta operação e manutenção das máquinas de extração, veículos de transporte e geradores.
Constituição de cortinas arbóreas
Medições dos níveis de ruído ambiental.
Armazenar o solo removido em pilhas, preservando o volume e caraterísticas produtivas, para que seja possível a sua reutilização nas acções de recuperação paisagística
Tratar as águas e promover a recirculação da fase líquida dos efluentes.
Controlo analítico da qualidade dos efluentes.
Sempre que possível, implantar as novas construções em áreas que sejam desprovidas de coberto vegetal.
Fasear a desmatação e remoção de solos.
Possibilitar a existência de corredores ambientais para os animais.
Efetuar trabalhos fora das épocas de nidificação e reprodução.
Promoção da integração paisagística das explorações durante a sua vida útil.
Preservar as linhas de água que se encontrem na envolvente da mina
Reutilizar o material estéril em preenchimento das cavas, pavimentos e terraplanagem, eventualmente a comercialização deste material.

7 Conclusão

7.1 Síntese

É complexo avaliar impactes ambientais para projectos que não apresentam alternativas ou não descrevem criteriosamente as suas operações. As avaliações estão condicionadas a reduzidas informações de base, quer do próprio processo produtivo quer de registos de dados de carácter nacional em Angola.

Para a Lafech, este é um período de incertezas. O projecto a escala industrial em Angola é pioneiro, e por isso mesmo, não é possível prever com rigor a influência de cada uma das etapas e técnicas do projecto nos principais descritores ambientais, nem tão pouco, em que fase se dará o encerramento da exploração.

Garantir a participação pública e o diálogo com interessados faz parte dos procedimentos da análise de impactes ambientais, no entanto, para este projeto, a AIA, avançou sem uma consulta pública. Deixando por considerar opiniões da sociedade local na formulação e definições de políticas.

Inevitavelmente o empreendimento irá trazer impactes negativos ao ambiente, que se farão sentir um pouco por toda região, sobretudo, a jusante da mina, em consequência maioritariamente da demanda de água necessária e o volume de resíduos gerados. A disposição e os tratamentos dos resíduos provenientes essencialmente da lavaria é um dos grandes desafios da mina de Chipindo, pois representa uma fonte de impactes.

A metodologia seleccionada para o acondicionamento dos rejeitados, quer sejam estéreis, quer sejam lamas, apresenta soluções pouco práticas, que podem estar relacionadas com a falta de estudo de alternativas, fraco nível de confiança dos dados disponíveis e/ou custos económicos.

A interferência nos recursos hídricos, sobretudo, nos superficiais, poderá provocar redução do caudal do Tchissõe. Ao longo do ano os efeitos no rio poderão condicionar inclusive o caudal ecológico e comprometer outros fins, nomeadamente o abastecimento de água para as populações e agricultura.

Os efeitos a nível dos solos, dizem respeito principalmente, à perda do *topsoil*, que promoverá a alteração dos usos do solo e contribuirá para a perda do potencial agrícola.

Apesar das medidas de controlo e segurança recomendados pelo EIA para a barragem de rejeitados, a operadora demonstra consciencialização em preservação ambiental, assumindo alguns critérios técnicos que não se encontram tipificadas no ordenamento jurídico angolano, nomeadamente, a construção de barragens de rejeitados, a criação de sistemas de recirculação da água e controlo de qualidade da mesma.

Até a data de conclusão desta dissertação, notou-se a ausência de instrumentos dos planos de construção, monitorização e encerramento da barragem de rejeitados; plano de encerramento;

programa de reabilitação e análise de risco do empreendimento. Sendo que os instrumentos apresentados – plano de exploração e EIA – são de carácter legal e obrigatórios para obtenção do licenciamento do projecto.

Sobre os impactes cumulativos não foi demonstrando a interferência do também, projecto de aurífero do Mpopo, localizado no município da Jamba, a aproximadamente 200 km de distância. Este projecto está licenciado, mas não está operacional até a data da conclusão desta dissertação.

7.2 Recomendações

O EIA do projecto de Chipindo, apesar do esforço que reuniu na análise dos impactes ambientais, devido principalmente a falta de informações a nível nacional, recomendou uma série de medidas que visam a mitigação destes impactes. Assim sendo, é imperativo que tais recomendações sejam postas em prática desde o início dos trabalhos de exploração.

O licenciamento de projectos mineiros deve ser feito quando os projectos apresentam os instrumentos que demonstram os princípios de construção, operação e encerramento das principais estruturas que compõe o processo produtivo. Em alternativa, o EIA deve ser bastante detalhista e considerar dados de caracterização da área onde se pretende inserir o empreendimento, na falta de dados, como é o caso do projecto de Chipindo, devem assumir-se pressupostos e elaboradas alternativas que permitam extrair conclusões mais consistentes.

O controle dos parâmetros físicos e químicos e a drenagem das águas pluviais na barragem de rejeitados, recomendados pelo EIA, são reforçados nesta dissertação. Atenção que a empresa decidiu que não haverá recirculação, apenas drenagem das águas pluviais e/ou subterrâneas, apostando no controle dos parâmetros químicos das águas. Recomenda-se ainda a instalação rede de esgotos da mina.

No que respeita à operação de esgoto recomendamos a recirculação do sobrenadante para a lavaria por três motivos, designadamente: é uma recomendação essencial que já vem do EIA; é uma das principais fontes potenciais de poluição e influencia outra questão importante, a disponibilidade de água no rio para outros usos. Relativamente a parte sólida (lamas) que se depositará na barragem de rejeitados, a literatura recomenda o tratamento das lamas e a reciclagem.

O acompanhamento dos efeitos nos recursos hídricos e a previsão de modificações a qual induz um empreendimento a curto, médio e longo prazo, devem sempre ser demonstrados e fontes alternativas devem ser consideradas e.g.: tratamento e sequente recirculação de efluentes, dependendo obviamente das características destes efluentes e da qualidade que se pretende; sistema de drenagem de águas pluviais que encaminhem água da chuva para depósitos de armazenamento.

Em relação a uso futuro dos solos da área da mina, atendendo a composição dos solos ferralíticos, resultantes do acúmulo de óxidos metálicos, particularmente ferro e alumínio, ainda que em concentrações residuais, são solos que carecem de correção para agricultura e uma vez que desconhecesse os efeitos do processo químico a ser implementado, recomenda-se em alternativa, a

recuperação paisagística. A mesma poderá servir para a instalação de empreendimentos residenciais, culturais, desportivos ou comerciais. Tudo dependerá das características do solo no final do horizonte temporal do empreendimento.

7.3 Desenvolvimentos futuros

Para trabalhos futuros propõe-se:

- Estudo para determinar e classificar os resíduos que advém da exploração mineira em Angola;
- Estudo do potencial de reutilização dos resíduos como fonte de matéria-prima com objectivo de minimização do consumo de matérias primas virgem e reduzir o volume de resíduos na mina de ouro do Chipindo;
- Estudar o potencial da recirculação do efluente da estação de tratamento químico a base de cianeto. Alguns estudos são descritos pela literatura com resultados satisfatórios;
- Avaliação do uso de material estéril da própria mina na construção de barragens de rejeitados;
- Estudo do tratamento de lamas, por desidratação, cujo objectivo é tornar as lamas numa pasta desidratada, de maneiras que a mesma possa servir para o enchimento das frentes de lavras (misturadas com pargas) para posterior recuperação da área;
- Desenvolvimento de diretrizes e procedimentos de avaliação de impactes sócio-económico.

Referências bibliográficas

- AbandonedMines. (2016). AbandonedMines. Retrieved from <https://www.abandonedmines.gov/>
- Antunes, P., & Videira, N. (2015). *Sistemas de Gestão Ambiental* (Slides das aulas de Gestão Ambiental). Caparica. Retrieved January 28, 2018, from https://moodle.fct.unl.pt/pluginfile.php/261805/mod_resource/content/1/Slides
- Arvela, A. F. S. (2013). *Alterações da paisagem decorrentes da construção da barragem do Alqueva: cenários para 2025, 2050 e 2100*. Dissertação realizada para a obtenção do grau de Mestre em Arquitectura Paisagista, Universidade do Algarve. Retrieved June 08, 2018, from <https://sapientia.ualg.pt/handle/10400.1/6102>
- Bastos, M. J. N. (1999). A estabilidade estrutural na segurança de predreiras a céu aberto - Maciços terrosos. *Comunicações Técnicas*. Retrieved June 10, 2018, from http://www.visaconsultores.com/pdf/VISA_com01.pdf
- Brundtland, G. H. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future: Chairman's Foreword*. Oslo. Retrieved June 10, 2018, from <https://doi.org/10.2307/2621529>
- Burritt, R. L., & Christ, K. L. (2018). *Water risk in mining: Analysis of the Samarco dam failure*. *Journal of Cleaner Production* (Vol. 178). Elsevier Ltd. Retrieved May 26, 2018, from <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.042>
- Comissão Europeia. (2014). DECISÃO DA COMISSÃO - de 18 de dezembro de 2014 - que altera a Decisão 2000/ 532/ CE relativa à lista de resíduos em conformidade com a Diretiva 2008/ 98/ CE do Parlamento Europeu e do Conselho - (2014/ 955/ UE). *Jornal Oficial Da União Europeia*, L370, 44–86. Retrieved April 02, 2018, from <http://www.netresiduos.com/fluxosler.aspx?menuid=102&eid=461>
- Commission, B. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future Acronyms and Note on Terminology Chairman's Foreword. Retrieved April 02, 2018, from <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>
- Coqueia, S. A. C. (2014). *Metodologia para o controlo geoambiental da bacia de contenção de rejeitados da Sociedade Mineira de Catoca em Angola*. Dissertação realizada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Minas, Universidade do Porto. Retrieved May, 2018, from http://digitool.fe.up.pt:1801/webclient/DeliveryManager?custom_att_2=simple_viewer&metadata_request=false&pid=753663
- Curi, A. (2017). *Lavra de Minas*. (1st ed.). São Paulo: Oficina de Textos. Retrieved November 25, 2017, from <https://www.ofitexto.com.br/livro/lavra-de-minas/>
- Decreto n.º51/04 de 23 de Julho. (2004). Avaliação de Impacto Ambiental. *Diário Da República [Angola]* - Série I, n.º59, 1–19.
- Decreto Presidencial n.º190/12 de 24 de Agosto. (2012). Regulamento sobre gestão de resíduos. *Diário Da República [Angola]* - Série I, n.º164.
- Diniz, C. (1998). *Angola: o meio físico e potencialidades agrárias* (2nd ed.). Lisboa: Instituto da Cooperação Portuguesa.
- Domingos Bamba [entrevista pessoal]. (2018). Caracterização Socio-económica do município de Chipindo. In *Entrevistadora Tânia Santos*.
- Domingos Sousa [entrevista pessoal]. (2017). Os Caminhos de Ferro de Moçâmedes antes da independência de Angola. In *Entrevistadora Tânia Santos*.

- Duarte, A. (2008). *Classificação das barragens de contenção de rejeitos de mineração e de resíduos industriais no Estado de Minas Gerais em relação ao potencial de risco*. Universidade Federal de Minas Gerais. Retrieved May 23, 2018, from <http://hdl.handle.net/1843/BUDB-8AUPNJ>
- Empresa de Desenvolvimento Mineiro S.A. (2017). Inventariação e caracterização das áreas mineiras abandonadas. Retrieved May 23, 2018, from <https://edm.pt/area-ambiental/inventariacao-de-areas-mineiras/>
- Endiama E.P. (2017). A empresa. Retrieved November 25, 2017, from <http://www.endiama.co.ao>
- Environmental Protection Agency | EPA. (1994). *Design and Evaluation of Tailings Dams*. Washington, D.C. Retrieved June 12, 2018, from [https://doi.org/EPA 530-R-94-038](https://doi.org/EPA%20530-R-94-038)
- Expresso. (2011). As maiores minas do mundo (fotogaleria). *Expresso Economia*. Retrieved November 25, 2017, from <http://expresso.sapo.pt/economia/as-maiores-minas-do-mundo-fotogaleria=f686153#gs.HYjiyxl>
- Farias, C. E. G., & Coelho, J. M. (2002). Mineração e Meio Ambiente no Brasil, p. 42. Retrieved November 25, 2017, from <https://doi.org/CONAMA>
- Ferreira, L. (2013). *Escavação e exploração de minas a céu aberto*. Universidade Federal de Juiz de Fora. Retrieved November 28, 2017, from <http://www.ufjf.br/engenhariacivil/files/2012/10/ESCAVAÇÃO-E-EXPLORAÇÃO-DE-MINAS-A-CÉU-ABERTO.pdf>
- Gonçalves, A. C. (2011). Riscos associados à exploração mineira. O caso das minas da Panasqueira. *Cadernos de Geografia* 30/31, 131–142. Retrieved November 28, 2017, from [https://www.uc.pt/fluc/depgeotur/publicacoes/Cadernos_Geografia/Numeros_publicados/CadGe o30_31/Eixo1_9](https://www.uc.pt/fluc/depgeotur/publicacoes/Cadernos_Geografia/Numeros_publicados/CadGe%2030_31/Eixo1_9)
- Google Earth. (2018). Chipindo, Angola. Retrieved March 18, 2018.
- Güiza, L., & Aristizábal, J. D. (2013). Mercury and gold mining in colombia: A failed state. *Universitas Scientiarum*, 18(1), 33–49. Retrieved November 28, 2017, from <https://doi.org/10.11144/javeriana.SC18-1mgmc>
- Instituto Geológico Mineiro. (1999). Regras de Boa Prática no Desmonte a Céu Aberto. *Textos Integrais Online de Geociências*. Retrieved April 03, 2018, from http://e-geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/boa_pratica/indice.htm
- Instituto Nacional de Estatística de Angola. (2014). Censo. Recenseamento geral da população e da habitação de Angola. Luanda: Instituto Nacional de Estatística de Angola. Retrieved June 02, 2018, from <http://www.ine.gov.ao/xportal/xmain?%0AxpId=ine>
- International Association for Impact Assessment. (2012). Impact Assessment. Retrieved June 10, 2018, from <http://www.iaia.org/index.php>
- International Cyanide Management Institute. (2002). International Cyanide Management Code for the manufacture, transport and use of cyanide in the production of Gold. Retrieved May 15, 2018, from <https://www.cyanidecode.org/>
- ISO. (2018). International Organization for Standarization. Retrieved May 14, 2018, from <https://www.iso.org/home.html>
- Jain, R. (2016). *Environmental impact of mining and mineral processing : management, monitoring, and auditing strategies* (1st ed.). Elsevier.
- Kumar, N. P. (2014). Review on Sustainable Mining Practices. *International Research Journal of Earth Sciences*, 2(10), 26–29.

- Lafech Mining Resources LdaDA. (2017). *Plano de Exploração da Jazida Aluvionar Aurífera da Mineira, no Chipindo, Huíla, Angola*.
- Lei n.º31/11 de 23 de setembro. (2011). Aprovação do código Mineiro. *Diário Da República [Angola] - Série I*.
- Lei n.º5/98 de 19 de Junho. (1998). Lei de bases do Ambiente. *Diário Da República [Angola] - Série I, n.º27*.
- Martins, P. (2013). *Potencial de valorização de resíduos da concentração de minérios*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Universidade Nova de Lisboa. Retrieved May 14, 2018 from <http://hdl.handle.net/10362/13095>
- National Research Council. (2002). *Evolutionary and Revolutionary Technologies for Mining*. Washington, D.C. Retrieved November 25, 2017, from <http://www.nap.edu/catalog/10318.html>
- Norgate, T., & Haque, N. (2012). Using life cycle assessment to evaluate some environmental impacts of gold production. *Journal of Cleaner Production*, 29–30(July 2012), 53–63. Retrieved December 10, 2017, from <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.01.042>
- Paiva, C. (2006). *Proposta de metodologia para análise de passivos ambientais da actividade mineira* (No. Projeto BRA/01/039-Apoio à Reestruturação do Sector Energético). PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Brasília. Retrieved December 10, 2017, from http://www.mma.gov.br/port/conama/reuniao/dir934/RelatConsultoriaApresentaoMME_PassivosAmbientais.pdf
- Riani, J. C., Pina, P. dos S., & Leão, V. A. (2007). Tecnologia limpa para redução de impacto ambiental do cianeto na mineração de ouro. *Revista Escola de Minas*, 60(1), 21–28. Escola cde Minas. Retrieved June 08, 2018 from <https://doi.org/10.1590/S0370-44672007000100004>
- Ricardo, R. P., Raposo, J. A., & Madeira, M. (2014). Estudos dos solos de Angola pelo ISA e pelo IICT. In *Angola – Agricultura, Recursos Naturais, Desenvolvimento Rural* (pp. 97–120). Lisboa: ISApress.
- Roque, M. C. R. (2009). *Estudos de caracterização de áreas mineiras degradadas. Proposta de Metodologia com aplicação à área mineira de Santo António, Penedono*. Dissertação para obtenção do Grau de Doutor em Engenharia Geológica - Geotecnia, Universidade de Lisboa. Retrieved December 10, 2017 from <http://hdl.handle.net/10451/1833>
- Sertoli, P. E. (2009). *As Características Do Complexo de troca e a classificação dos solos da República de Angola*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Agronómica, Universidade Técnica de Lisboa. Retrieved April 27, 2018, from <http://hdl.handle.net/10400.5/1978>.
- Serviços Meteorológicos de Angola. (1975).
- Siberian Coal Energy Company -SUEK. (2014). The making of the SUEK annual report illustrations. Retrieved November 28, 2017, from <https://www.artlebedev.com/suek/2014/process/>
- Sociedade de Consultoria e Gestão Ambiental. (2017). Relatório de estudo de impacte ambiental do projecto de extração mineira da jazida aluvionar no Chipindo, Huíla.
- Sonangol EP. (2018). Perfil. Retrieved November 25, 2017, from <http://www.sonangol.co.ao/Português/ASonangolEP/Perfil/Paginas/Perfil.aspx>
- Teixeira Paiva, C. (2006). Proposta de Metodologia para Análise de Passivos Ambientais da Atividade Mineira, 117. Retrieved November 22, 2017, from http://www.mma.gov.br/port/conama/reuniao/dir934/RelatConsultoriaApresentaoMME_PassivosAmbientais.pdf

- Torres, V. F. N., & da. Gama, C. D. (2005). *Engenharia ambiental subterrânea e aplicações*. (R. C. Villas-Bôas, Ed.). Rio de Janeiro: CETEM, CYTED. Retrieved November 28, 2017, from <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/677>
- Trindade, B. E., & Barbosa Filho, O. (Eds.). (2002). *Extração de Ouro – Princípios, Tecnologia e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT. Retrieved November 28, 2017, from <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/687>
- UNEP. (2004). *and Strategic Environmental Assessment: Towards an Integrated Approach Environmental Impact Assessment and Strategic Environmental Assessment: Towards an Integrated Approach*. Retrieved April 12, 2018, from <https://www.unenvironment.org/>
- Urkidi, L. (2010). A glocal environmental movement against gold mining: Pascua – Lama in Chile. *Ecological Economics*, 70(2), 219–227. Elsevier B.V. Retrieved January 17, 2018, from <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.05.004>
- Valencia, A., Castaño, R. S., Sánchez, A., Cardozo, E., Bonilla, M., & Buitrago, C. (2009). Gestión de la contaminación ambiental: cuestión de corresponsabilidad. *Revista de Ingeniería*, 30(Noviembre), 90–99. Retrieved March 26, 2018, from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=121015710005>
- Yamatomi, J., & Okubo, S. (2009). Surface mining methods and equipment. *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS) Civil Engineering-Volume II*, 154. Paris: UNESCO, Eolss Publishers. Retrieved February 17, 2018, from <http://www.eolss.net>